ISSN 00224847

台灣農業研究

第五十四卷　第四期

目　次

研究報告

原生鐵炮型百合形態標誌及發育可塑性之研究
......戴廷恩　侯鳳舞　許圳塗　...207

台灣不同地區台南白玉米族群果皮性狀之變異......謝光照　...219

玉米不同遺傳背景與胚乳型對果皮厚度之影響......謝光照　...227

杏鮑菇栽培基質再利用之研究......陳錦桐　簡宣裕　彭金騰　陳美杏　...235

櫻花種原評估及其親緣關係之研究......溫英杰　張靜誼　...245

利用RAPD與ISSR分子標誌鑑定西瓜品種
......王昭月　張有明　沈百奎　王毓華　劉邦基　...257

第54卷總目錄......　...270

中華民國九十四年十二月
行政院農業委員會農業試驗所出版
中華民國　臺灣　臺中縣　霧峰鄉

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:207~218 (2005)

原生鐵炮型百合形態標誌及發育可塑性之研究 [1]

戴廷恩[2,5] 侯鳳舞[3] 許圳塗[4]

摘　要

戴廷恩、侯鳳舞、許圳塗。2005。原生鐵炮型百合形態標誌及發育可塑性之研究。台灣農業研究 54:207-218。

為比較原生鐵炮型百合種原之形態變異，將台灣依離岸中央山脈地形 (北部山區、中部山區、南部山區等3區域，共計19位點族群) 及海岸離島地形 (東北角海岸、東部海岸、離島等3區域，共計13位點族群)，針對原生台灣百合及鐵炮百合以收集、保存，調查兩種間及族群間形態特性分析，並進行離場溫室栽培保存及體外限制生長保存，以做為原生種保育及於育種上利用之參考。原生百合植株高度變化大，32位點族群總平均株高由12.6±7.8 cm (澳底)至135.0±49.4 cm (羅娜)。離岸中央山脈19個族群其總平均株高為71.43±40.43 cm，最高135.0±49.4 cm (羅娜)，最小21.4±5.7 cm (合歡山)，株高形態於族群內及族群間均呈高度變異性。海岸離島13個族群其總平均株高為32.84±17.25 cm，最高51.8±23.0 cm (金山)，最小12.6±7.8 cm (澳底)，同樣顯示株高呈高度變異。葉長寬比值則呈規則性變化，32個族群以18-20為界分為兩群，比值20以上的有19個族群，18以下的有13個族群。離岸中央山脈北中南山區19個族群平均葉長寬比值為24.44±6.78，最大34.4±11.4 (觀霧)，最小20.1±4.7 (瑪家)。海岸及離島13個位點族群平均比值為12.28±5.46，最大18.4±4.4 (磯碕)，最小7.0±1.5 (八斗子)。商業栽培種則呈小葉長寬比值 (8.6±1.6)。本研究結果顯示 (1) 離岸中央山脈原生台灣百合族群之形態發育可塑性大於海岸及離島區之原生鐵炮百合族群，(2) 葉長寬比：18-20，可為初步區分台灣百合及鐵炮百合之依據。

關鍵詞：台灣百合、鐵炮百合、形態標誌、發育可塑性、種原。

前　言

據植物誌記載台灣原生百合有細葉卷丹 (*Lilium callosum*)、豔紅鹿子百合 (*L. speciosum*)、台灣百合 (*L. formosanum*)及鐵炮百合 (*L. longiflorum*) 四種。其中細葉卷丹已自野外絕跡，無自然族群分佈，鹿子百合野外族群分佈則侷限於台灣北部石碇及雙溪一帶，正面臨極大生存壓力。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2240 號。接受日期：94 年 2 月 1 日。
2. 本所花卉研究中心副研究員。臺灣　雲林縣　古坑鄉。
3. 本所花卉研究中心研究員兼主任。臺灣　雲林縣　古坑鄉。
4. 國立台灣大學園藝系教授。台北市。
5. 通訊作者，電子郵件：tedai@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(05)5820835。

台灣百合和鐵炮百合，二者皆屬鐵炮型百合群，親緣關係甚為相近，自然分類皆屬於 *Leucolirion* 亞屬 (金 1995)。台灣百合具有較細長的葉片，外花被脊部有紫紅條斑，花期 5-10 月，主要分佈於中低海拔一直到 3500 m 的高山地帶；而鐵炮百合的花為純白色，葉形為卵圓披針形，花期 3-5 月，主要分佈於台灣東北部、東部海岸和離島。這兩種台灣原生的鐵炮型百合，曾經由南到北，由海邊到高山，都可以看到它們的分布。近年來因為環境不當開發、原生棲息地遭受破壞及人為不當從野外大量採摘等因素，造成野生族群數量急速減少，目前野外只能在懸崖峭壁或人煙罕至的地方，急需進行適當保存及復育。

由於台灣原生台灣百合及鐵炮百合之生育地，兼有亞熱帶及溫帶氣候，另外，從海邊礁岩、林下至高山草原均可見其蹤跡，可見其對環境的適應性相當良好。不同地區的台灣百合或鐵炮百合，外表形態呈現出很大的差異，此形態差異常表現在株高、葉形、花被及花藥的顏色，然而此種變異係肇因於自然選擇導致遺傳分化之結果，仰或是純粹由表現型可塑性所造成，傳統之形態觀察無法解決上述之問題 (溫 1997；Wen ＆ Hsiao 1999)。

本研究探討原生台灣百合及鐵炮百合族群間及族群內個體間之形態特性調查比較，以了解形態與環境之交互作用程度，並透過原生地及溫室栽培之調查數據比較，找出穩定並足以有效區分種原的形態特徵，確認區分台灣百合及鐵炮百合之主要形態性狀，以做為種原保存、復育及育種利用之基礎。

材料與方法

分布地理區位及族群取樣

將自然生長的百合，對照台灣地理及位點區分為兩大區域，6 個地理區 (表 1 及圖 1)：(一) 離岸中央山脈：台灣百合族群分佈區域，共計 19 個位點族群，包括：1. 北部山區 (4 位點)：巴陵、光華、觀霧及秀巒等；2. 中部山區 (11 位點)：東埔、福壽山、合歡山、農富坪、羅娜、廬山、新望洋、翠峰、屯原、奧萬大及霧社等；及 3. 南部山區 (4 位點)：阿禮、瑪家、天池及太麻里等。(二)海岸離島：鐵炮百合族群分佈區域，共計 13 個位點族群，包括：1. 東北角 (7 位點)：鼻頭角、八斗子、金山、澳底、香蘭、白沙灣及野柳；2. 東部(4 位點)：南方澳、磯碕、水漣及石梯坪等；及 3. 離島 (2 位點)：三仙台及蘭嶼。

每個位點之百合族群植株數目至少超過 200 株，逢機取樣 15 至 20 株，作為該位點族群的代表，族群內取樣單株間距離 5 m 以上，以避免取樣到無性繁殖的植株。取樣時，依鱗莖大小剝取外層鱗片 3 至 8 片，部分材料，則以照相紀錄及葉片取樣為主，盡量避免破壞原生地環境。試驗比較之對照組則以購自種苗公司之鐵炮百合栽培種 Nelli White 商業種球為材料。

所有自位點族群取樣之單株，攜回農業試驗所溫室，以珍珠石及蛭石 (體積比 1：1)種植於 7 吋盆中，添加奧妙肥 (14-14-14)為基肥。

形態調查

32 個位點族群植株開花時，現地調查形態性狀，15 單株為 15 重複，調查株高 (花朵開放前，鱗莖上方至最上位葉著生處)、莖生葉數、莖直徑 (鱗莖上 5-10 cm 處)、莖紫紋出現比例、莖毛出現比例、葉長及葉寬 (植株中段逢機選取 3 片最長的葉片)；另選取 10 個位點族群植株以盆栽於溫室種植一年後，10 株為 10 重複，調查子房長、花柱長、花筒長、花被紫斑、花藥顏色等。以上之外部型態利用皮尺、游標尺及鋼尺紀錄各植株各部位之數值。利用 SAS 軟體進行各性狀數據平均值及標準差之計算。

表 1. 台灣原生百合取樣地點及代號
Table 1. The symbols and sampling sites of lilies native in Taiwan

Sampling site		Abbreviation	District
Central mountain districts (離岸中央山脈區)			
Guang-Hua	光華	GH	Northern mountain area
Ba-Lieng	巴陵	BL	Northern mountain area
Shiou-Ruan	秀巒	SR	Northern mountain area
Guan-Wu	觀霧	GW	Northern mountain area
Fu-Shou-Shan	福壽山	FSS	Central mountain area
He-Huan-Shan	合歡山	HH	Central mountain area
Tsuei-Feng	翠峰	TF	Central mountain area
Tuen-Yuan	屯原	TU	Central mountain area
Lu-Shan	廬山	LS	Central mountain area
Wu-She	霧社	WUS	Central mountain area
Au-Wuan-Da	奧萬大	WD	Central mountain area
Shien-Wuan-Yiang	新望洋	SWY	Central mountain area
Dueng-Pu	東埔	DP	Central mountain area
Lueng-Fu-Pieng	農富坪	LFP	Central mountain area
Luo-Na	羅娜	LN	Central mountain area
Tian-Ch	天池	TC	Southern mountain area
A-Li	阿禮	AL	Southern mountain area
Ma-Jia	瑪家	MA	Southern mountain area
Tai-Ma-Li	太麻里	TM	Southern mountain area
Coast districts (海岸離島區)			
Bai-Sha-Wuan	白沙灣	WS	Northeastern coast area
Jien-Shan	金山	JS	Northeastern coast area
Yie-Liou	野柳	YL	Northeastern coast area
Ba-Dou-Tz	八斗子	BD	Northeastern coast area
Bi-Tou-Jiau	鼻頭角	B	Northeastern coast area
Au-Di	澳底	OD	Northeastern coast area
Shian-Lan	香蘭	SO	Northeastern coast area
Nan-Fan-Au	南方澳	NF	Eastern coast area
Shuei-Lian	水漣	SL	Eastern coast area
Jiyi-Chi	磯碕	CC	Eastern coast area
Sh-Ti-Pieng	石梯坪	STP	Eastern coast area
San-Shian-Tai	三仙台	3ST	Off shore islet
Lan-Yu	蘭嶼	LA	Off shore islet

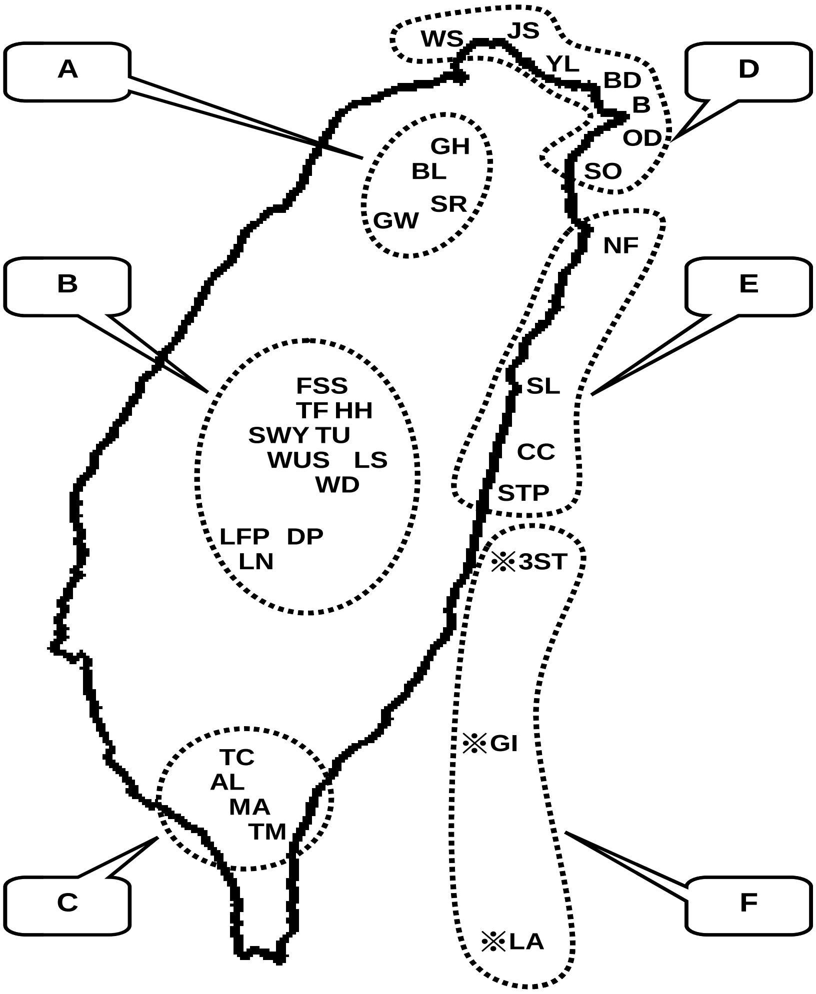

圖 1. 原生百合族群及地理區域分布。

Fig. 1. Geographic locations and sampling sites of native lily. Central Mountain Districts (*Lilium formosanum*) A: northern; B: central; C: southern Coast Districts (*L. longiflorum*); D: northeastern; E: eastern; F: off shore islets Population representative codes are as those showed in Table 1.

結　　果

莖部形態性狀

植株莖部形態性狀，族群內個體間之株高呈高度變異，平均株高由最低 12.63 cm (澳底)至最高可達 135.01 cm (羅娜)。平均莖軸直徑，族群間並無太大變化，大致上都在 3 至 7 mm 間。依據位點族群地理區加以劃分，不同地理區株高差異明顯。離岸中央山脈 3 個地理區族群平均株高明顯較海岸離島區族群為高，最高的南部山區族群約為 76 cm，東北角海岸族群株高最低約為 28 cm。地理區內族群間及族群內個體間之株高均呈高度變異，離岸中央山脈地理區族群間之株高變異較大，最高族群

(135.0 cm，羅娜)與最低族群 (21.4 cm，合歡山)株高差距約 6 倍，而海岸離島族群間 (最高 51.8 cm，金山--最低 12.6 cm，澳底) 株高差距約 4 倍 (表 2)。

平均莖生葉數變異極大，族群內個體間之葉片數呈高度變異，最多約 114.47 片 (羅娜)，最少為 19.53 片 (福壽山)。葉片密度最為密生的族群採自香蘭，平均每公分莖軸著生葉片數高達 2.65 片，最少的族群採自羅娜，平均每公分莖軸只著生 0.67 片葉。依據位點族群地理區加以劃分，離岸中央山脈族群有較多的葉片數及較大的族群間變異，最多葉片數族群 (114 片，羅娜)與最少葉片數族群 (19 片，福壽山)相差幾近達 100 片。海岸離島族群間變異較小，最多葉片數族群 (92 片，磯碕)與最少葉片數族群 (32 片，澳底)相差約 60 片。族群間平均葉片密度變異並無明顯差異，但離岸中央山脈族群有較小的葉片著生密度，亦即相對於海岸離島區族群，山區族群莖軸的節間長度較長 (表 3)。

葉片性狀

葉片長度最長為 20.18 cm (羅娜)，最短為 8.08 cm (鼻頭角)；平均葉片最寬為 1.35 cm (白沙灣)，最窄為 0.44 cm (合歡山及翠峰)；平均葉長寬比最大為 34.38 (觀霧)，最小為 6.97 (八斗子) (表 4)。

離岸中央山脈地理區族群有較細長的葉片形態，而海岸離島區族群葉片形態則較為短寬 (表4)。葉長及葉寬的葉片性狀，在離岸中央山脈族群間存在較大變異，葉片長度 (最長20 cm，羅娜、最短9 cm，福壽山)及葉片寬度 (最寬1 cm，瑪家、最窄0.4 cm，福壽山)相差均約2倍。葉長寬比值在地理區間呈規則性變化，32個族群以20-18為界分為兩群，離岸中央山脈地理區的19個族群均在20以上，總平均約為24，而海岸離島區的13個族群平均葉長寬比值則在18以下，總平均約為12。北中南山區平均葉長寬比值為22.85至26.48，19個族群平均葉長寬比值最小為20.1±4.7 (瑪家)，最大為34.4±11.4 (觀霧)。海岸離島區平均比值介於8.62至17.03，13個族群平均比值最小為7.0±1.5 (八斗子)，最大為18.4±4.4 (磯碕)，商業栽培種則呈小葉長寬比值 (8.1±0.8) (表4)。

表 2. 台灣六大地理區域原生台灣百合、鐵炮百合株高及莖軸直徑之特性
Table 2. The plant height and stem diameter characteristics of *Lilium formosanum* (F) and *L. longiflorum* (L) distributed among six geographic districts in Taiwan

Districts (No. populations)	Plant height (cm) [z]	Stem diameter (mm)
Central mountain districts (*L. formosanum*)		
Northern mountain area (4)	60.13±27.42 (74.8±40.7,GW；39.3±12.0,SR)[y]	5.22±1.70 (6.1±1.5,BL；4.0±1.0,SR)
Central mountain area (11)	74.04±46.12 (135.0±49.4,LN；21.4±5.7,HH)	5.34±2.32 (7.1±2.3,WD；2.8±1.0,FSS)
Southern mountain area (4)	75.57±37.80 (98.8±31.5,MA；33.7±12.1,TC)	6.11±2.49 (7.2±2.7,MA；4.2±1.8,TC)
Coast districts (*L. longiflorum*)		
Northeastern coast area (7)	28.11±17.50 (51.8±23.0,JS；12.6±7.8,OD)	4.60±1.80 (5.4±1.4,WS；3.5±0.8,YL)
Eastern coast area (4)	36.18±14.63 (43.20±15.4,CC；29.4±9.5,NF)	5.38±3.04 (7.9±3.6,CC；4.3±1.2,NF)
Off shore islet (2)	43.35±15.40 (49.6±13.4,LA；37.1±15.0,3ST)	5.64±2.24 (5.9±1.9,LA；5.4±2.6,3ST)
Cultivar varity (1)	31.10±4.18	6.69±2.39

[z] Values are the means±SD of populations in the geographic districts.
[y] Values are the means±SD of 15 replicates. Figures and abbreviation in parenthesis indicate the max (or highest) and min (or shortest) population, and representative codes are as those showed in Table 1, respectively.

表 3. 台灣六大地理區域原生台灣百合、鐵炮百合莖生葉數及葉片密度之特性

Table 3. The stem leaf number and density characteristics of *Lilium formosanum* (F) and *L. longiflorum* (L) distributed among six geographic districts in Taiwan

Districts (No. populations)	Stem leaves (No.) [z]	Stem leaf density (no./cm)
Central mountain districts (*L. formosanum*)		
Northern mountain area (4)	80.98±39.00 (112.1±26.8,BL；50.9±20.5,SR) [y]	1.40±0.51 (1.6±0.3,BL；1.1±0.4,GW)
Central mountain area (11)	64.92±41.71 (114.5±51.0,LN；19.5±6.1,FSS)	0.92±0.30 (1.2±0.2,HH；0.8±0.2,FSS)
Southern mountain area (4)	81.23±42.60 (104.7±47.7,MA；46.3±9.7,TC)	1.18±0.52 (1.5±0.3,TC；0.8±0.3,AL)
Coast districts (*L. longiflorum*)		
Northeastern coast area (7)	46.01±23.90 (69.0±29.1,JS；32.8±14.9,OD)	1.95±0.93 (2.7±0.8,SO；1.2±0.6,YL)
Eastern coast area (4)	61.48±36.96 (92.3±48.3,CC；38.1±17.6,SL)	1.78±0.75 (2.2±1.1,CC；1.4±0.5,SL)
Off shore islet (2)	63.70±36.69 (72.9±45.0,LA；54.5±24.1,3ST)	1.50±0.66 (1.5±0.8,LA；1.5±0.5,3ST)
Cultivar varity (1)	43.38±16.41	1.42±0.59

[z] Values are the means±SD of populations in the geographic districts.

[y] Values are the means±SD of 15 replicates. Figures and abbreviation in parenthesis indicate the max (or highest) and min (or shortest) population, and representative codes are as those showed in Table 1, respectively.

表 4. 台灣六大地理區域原生台灣百合、鐵炮百合葉片之特性

Table 4. The leaf characteristics of *Lilium formosanum* (F) and *L. longiflorum* (L) distributed among six geographic districts in Taiwan

Districts (No. populations)	Leaf length (cm) [z]	Leaf width (cm)	Leaf ratio (length/width)
Central mountain districts (*L. formosanum*)			
Northern mountain area (4)	16.76±4.04 (17.7±5.8,GW；16.7±1.6,SR) [y]	0.64±0.15 (0.7±0.1,SR；0.5±0.1,GW)	26.48±6.28 (34.4±11.4,GW；23.9±4.7,SR)
Central mountain area (11)	15.97±5.05 (20.2±5.8,LN；9.1±2.1,FSS)	0.69±0.23 (0.9±0.2,WUS；0.4±0.1,FSS)	23.87±5.97 (29.2±9.6,HH；21.1±3.2,TU)
Southern mountain area (4)	17.33±4.32 (18.8±4.9,MA；16.6±3.6,TC)	0.79±0.23 (1.0±0.2,MA；0.6±0.1,TC)	22.85±6.10 (27.2±5.1,TC；20.1±4.7,MA)
Coast districts (*L. longiflorum*)			
Northeastern coast area (7)	9.58±2.91 (12.5±3.2,JS；8.0±2.0,SO)	1.14±0.32 (1.2±0.3,JS：1.0±0.2,OD)	8.62±2.42 (10.5±1.7,JS：7.0±1.5,BD)
Eastern coast area (4)	14.40±4.30 (16.9±4.3,CC；12.0±2.6,NF)	0.86±0.21 (1.0±0.3,CC；0.8±0.1,SL)	17.03±5.07 (18.4±4.4,CC；15.1±3.8,NF)
Off shore islet (2)	15.04±5.24 (15.3±5.7,3ST；14.8±4.8,LA)	0.97±0.25 (1.0±0.2,LA；1.0±0.3,3ST)	15.59±4.32 (16.1±4.5,3ST；15.1±4.1,LA)
Cultivar varity (1)	8.70±1.00	1.11±0.12	8.10±0.80

[z] Values are the means±SD of populations in the geographic districts.

[y] Values are the means±SD of 15 replicates. Figures and abbreviation in parenthesis indicate the max (or highest) and min (or shortest) population, and representative codes are as those showed in Table 1, respectively.

花器性狀

花柱最長為12.40 cm (阿禮)，最短為5.80 cm (翠峰)；平均花筒最長為20.7 cm (阿禮)，最短為12.5 cm (澳底)。花器性狀以地理區比較，結果顯示離岸中央山脈地理區族群平均花柱長度及子房長度均較海岸離島區有較大的趨勢，但並不明顯，但離岸中央山脈地理區族群則有明顯較長的花筒 (表5)。

茸毛、花被紫斑及花藥顏色性狀

莖軸茸毛、紫斑、花被條紋及花藥顏色等性狀，由表 6 之分區整理比較結果可以看出以下趨勢：1. 東北角海岸及東部海岸族群莖軸絕大多數具有茸毛。2. 離島族群莖軸紫斑較少。3. 海岸離島區的

表 5. 台灣六大地理區域原生台灣百合、鐵炮百合花器之特性
Table 5. The flower characteristics of *Lilium formosanum* (F) and *L. longiflorum* (L) distributed among six geographic districts in Taiwan

Districts (No. populations)	Style length (cm) [z]	Ovule length (cm)	Flower length (cm)
Central mountain districts (*L. formosanum*)			
Northern mountain area (4)	10.3±1.3 (11.8±0.8,SR；9.2±1.2,GW) [y]	5.2±0.8 (5.6±0.9,GH；4.7±0.3,SR)	18.4±2.0 (18.7±1.5,SR；17.1±2.7,GW)
Central mountain area (11)	9.2±2.4 (11.0±1.1,LS；5.8±0.8,TF)	5.2±1.2 (6.1±1.1,WUS；4.0±0.6,HH)	17.0±3.4 (19.9±2.0,LS；13.0±2.4,FSS)
Southern mountain area (4)	9.8±2.1 (12.4±1.1,AL；7.7±0.4,TC)	4.9±1.0 (5.7±1.4,AL；4.4±0.8,TM)	17.0±3.0 (20.7±1.9,AL；15.2±0.9,TC)
Coast districts (*L. longiflorum*)			
Northeastern coast area (7)	8.3±1.5 (9.2±1.7,BD；7.5±1.67,JS)	3.2±0.6 (3.6±0.4,JS；3.0±0.6,OD)	13.8±3.4 (17.2±5.8,B；12.5±3.2,OD)
Eastern coast area (4)	8.3±1.2 (9.0±0.5,NF；7.4±1.5,CC)	3.7±0.5 (4.0±0.6,SL；3.2±0.2,NF)	13.5±1.8 (14.2±0.9,NF；13.0±2.5,CC)
Off shore islet (2)	8.6±1.1 (9.0±1.0,3ST；8.2±1.0,LA)	3.9±0.6 (4.0±0.7,LA；3.8±0.5,3ST)	14.5±1.9 (14.6±1.6,3ST；14.3±2.3,LA)
Cultivar varity (1)	11.0±0.7	2.7±0.2	15.2±1.2

[z] Values are the means±SD of populations in the geographic districts.
[y] Values are the means±SD of 15 replicates. Figures and abbreviation in parenthesis indicate the max (or highest) and min (or shortest) population, and representative codes are as those showed in Table 1, respectively.

表 6. 台灣六大地理區域原生台灣百合、鐵炮百合莖軸茸毛、紫斑條紋及花藥顏色性狀之特性 [z]
Table 6. The stem trichome, purple stripe and anther color characteristics of *Lilium formosanum* (F) and *L. longiflorum* (L) distributed among six geographic districts in Taiwan [z]

Districts (No. populations)	Stem		Perianth stripe	Anther color	
	Trichorm	Stripe		Yellow	Red brown
Central mountain districts (*L. formosanum*)					
Northern mountain area (4)	0.35	0.74	0.28	0.45	0.55
Central mountain area (11)	0.16	0.84	0.54	0.68	0.32
Southern mountain area (4)	0.02	0.85	0.22	0.48	0.52
Coast districts (*L. longiflorum*)					
Northeastern coast area (7)	0.95	0.81	0.69	0.94	0.06
Eastern coast area (4)	0.90	0.84	0.90	0.98	0.03
Off shore islet (2)	0.23	0.40	0.30	0.85	0.15
Cultivar varity (1)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00

[z] Values are the average ratio of populations in the geographic districts.

相關鐵炮百合族群以黃色花藥為顯性性狀，離岸中央山脈區台灣百合族群則平均出現黃色及紅褐色花藥。4. 商業品種則以光滑莖軸、無紫斑、純白花色及黃色花藥等為主要選拔性狀。

原生台灣百合及鐵炮百合形態性狀比較

由以上結果及相關前人研究之紀錄，將離岸中央山脈區的 19 個族群劃分為台灣百合，海岸離島區的 13 個族群劃分為鐵炮百合，綜合比較主要形態性狀結果顯示兩種原生百合中，台灣百合相對於鐵炮百合有較高的株高、較多莖生葉數、較短節間、較細長的葉片、較高的葉長寬比值、較長的花柱、子房及花筒，且台灣百合族群間或族群內更具有較大的形態變異性(表 7)。

形態性狀的穩定性

將取樣的族群樣本於溫室種植一年之後，再選取其中 10 個族群，調查形態性狀如株高、葉長、葉寬等資料，並與取樣當年之現地調查數據做比較。結果除霧社及金山兩族群外，平均株高大多大幅增加，澳底族群增加達 225%。各族群之平均葉長亦有變長的趨勢，離岸中央山脈參試 6 個族群葉長寬比呈高比值 19.45 至 45.42，而海岸離島區參試 4 族群仍顯示較低比值 8.59 至 15.18。葉長寬比稍比第一年增加，台灣百合參試族群比值明顯加大或不變，皆在 19 以上，鐵炮百合參試族群則維持小於 20 的低比值 (表 8)。

討　論

台灣原生台灣百合及鐵炮百合開花株高可由平均高度最高約 135 cm 至最低約 12 cm，相差 10 倍之多 (表 2)，此差異與許 (1977，1978)之研究結果相當。在 19 個台灣百合族群隨分佈海拔高度增加，株高有變矮的趨勢，而鐵炮百合的 13 個族群並未出現如溫 (1997)所指出有從北往南漸矮的趨勢，反而北部的八斗子、香蘭及澳底位點族群是株高最矮的一群。

族群間株高差異極大，台灣百合 19 個族群及鐵炮百合 13 個族群，最高及最低株高分別相差 6 倍及 4 倍 (表 7)。同一族群取樣樣本間也有極大差異，而台灣百合族群內個體間的株高變異較鐵炮百合族群為大，共有 8 個族群取樣的 15 株樣本間株高差異超過 1 m (數據未顯示)。由以上族群間及族群內個體間之調查結果顯示台灣百合株高的適應性大於鐵炮百合，台灣百合植株頗富伸縮性，株高具有較為彈性的變化。

表 7. 台灣原生台灣百合、鐵炮百合之主要形態特性
Table 7. The main morphological characteristics of *Lilium formosanum* and *L. longiflorum* native in Taiwan

Morphological characteristics	Central mountain districts *L. formosanum* [z]	Coast districts *L. longiflorum* [y]
Plant height (cm)	71.44 ± 41.43	32.84 ± 17.25
Stem diameter (mm)	5.48 ± 2.26	5.00 ± 2.34
Stem leaf (No.)	71.74 ± 41.97	53.49 ± 31.45
Stem leaf density (No./cm)	1.08 ± 0.45	1.83 ± 0.85
Leaf length (cm)	16.42 ± 4.73	11.90 ± 4.56
Leaf width (cm)	0.70 ± 0.22	1.03 ± 0.31
Leaf (length/width)	24.44 ± 6.78	12.28 ± 5.46
Style length (cm)	9.60 ± 2.20	8.30 ± 1.40
Ovule length (cm)	5.20 ± 1.10	3.50 ± 0.60
Flower length (cm)	17.30 ± 3.10	13.80 ± 2.80

[z] Values are the means±SD of 285 plants (19 populations).
[y] Values are the means±SD of 195 plants (13 populations).

表 8. 原生台灣百合、鐵炮百合現地生育及溫室培養株高及葉長寬比之形態特性 [z]

Table 8. Morphological characteristics in plant height and leaf length/width ratio of *Lilium formosanum* (F) and *L. longiflorum* (L) *ex situ* and greenhouse [z]

Population	Plant height (cm)		Leaf (length/width)	
	Natural Habitats [y]	Greenhouse[x]	Natural habitats	Greenhouse
Central mountain districts (*L. formosanum*)				
GW	74.77±40.66	118.40±27.79	34.38± 11.36	45.42± 12.34
WUS	113.27±41.82	90.20±13.95	22.65± 4.36	29.40± 5.02
OD	95.23±31.12	97.00±23.77	23.57± 6.33	34.33± 8.76
AL	94.61±41.68	122.22±36.26	20.57± 4.52	19.76± 3.65
MA	98.77±31.46	113.22±17.19	20.11± 4.74	19.45± 3.30
TM	75.19±17.55	87.76±29.66	23.47± 7.06	36.22± 3.19
Coast districts (*L. longiflorum*)				
WS	31.87±14.99	57.50±15.94	8.59± 3.90	8.69± 3.07
JS	51.80±23.01	46.80±11.66	10.46± 1.73	11.55± 1.43
OD	12.63± 7.82	39.50±12.04	8.60± 1.71	9.31± 1.73
LA	49.63±13.39	57.70± 8.20	15.08± 4.10	16.85± 5.03

[z] Values are the means±SD of fifteen plants; Population representative codes are as those showed in Table 1.
[y] measuring the characteristics *ex situ*.
[x] measuring the characteristics after one year cultured in greenhouse condition.

另配合原生地海拔高度及地理環境，可以將 32 個位點族群以株高 50 cm 為分界，分成高、矮兩群：(1) 較高群：生長於低海拔平地或林間草生地，(2) 較矮群：生長於海岸邊及高山山頂迎風面。如此依據株高形態特徵的分群，和 32 個族群的地理分佈及環境互相配合，顯示株高與生育地微氣候、伴生植物或非植物相等有極為密切的關係。一般在向風坡面、乾旱石礫區、光線強或短日環境植株較矮，反之在潮濕、雜草遮陰、光線較弱或長日照時則植株變高 (許 1978)。針對日長及溫度等環境因子研究結果指出長日促進百合莖伸長，低溫使百合莖縮短 (鄭 1983；鄭 & 許 1984)，而強風吹襲或鹽分等逆境可能是造成東北角海岸族群多數株高在 50 cm 以下的因子之一。本研究數據顯示族群間或族群內樣本間之株高差異成連續性變化，無法截然區分，加上環境因子的交感作用，因而無法完全反應族群之遺傳分化。因此株高的調查數據並不適合作為遺傳分群之主要依據，而株高的分群關係也並無法明確界定出台灣百合及鐵炮百合族群。

為更進一步了解環境因子的影響，原生族群於溫室控制環境下生長一年後，再調查其株高之變化，結果顯示澳底及白沙灣等原生於海岸邊，長年受到海風吹襲的矮生族群，在環境良好下生長，株高大幅增加 (澳底增加達 225%)，而原本生長地較未有強風吹襲的觀霧等族群則未出現大變化，甚至於霧社及金山兩族群，可能因溫室內光度不足而出現變矮的趨勢。由此顯示株高的形態特徵，受到環境影響極大，因此株高無法完全反應族群遺傳上之差異。必須在相同生長環境下，觀察一段長時間，或者再有系統的增加採樣樣本數，因為樣本數不足，調查的形態數據無法形成有效結論 (Wen & Hsiao 1999)。至於何種環境、觀察多久或多少樣本數才足以代表族群，均有待進一步的研究。

除環境因子外，因為百合為單莖軸植物，整體植物形態為單純的 phytomer 重複單位所組成，因此其株高還受莖生葉片數及節間長度兩變數之影響。莖生葉片數目受株齡、莖頂大小、鱗莖預生葉數目、葉原體發生展開速率及花芽分化時期早晚等生育特性之影響。台灣百合族群間莖生葉數目變化較大由 19.53 至高達 114.47 片，而鐵炮百合則只有 32.80 至 92.27 片葉的變化 (數據未顯示)。許 (1978) 研究結果顯示台灣百合在長日下生長，提早進入生長相轉換，莖生葉只有 108 枚，而在短日照下生長，延遲花芽分化持續營養生長的結果，使得莖生葉可以多達 191 枚。因此台灣百合在感應低溫抽莖後，

仍持續進行營養生長，需有長日照之協調作用才能花芽分化，其自然花期(約六至十月)較鐵炮百合為晚，因此可以形成較多的莖生葉片，而鐵炮百合在感應冬季自然低溫抽莖後，莖頂很快開始營養生長轉為生殖生長的生長相變化，因而終止葉原體的繼續形成，莖生葉片數因而較少。

溫度也影響葉片發生及展開速率 (鄭 1983；鄭 ＆ 許 1984)，此可說明海拔 2000 m 左右的台灣百合如福壽山、合歡山及翠峰等族群平均莖生葉片只有 19.53 至 25.40 枚。而海岸族群鐵炮百合之最少葉片數出現於澳底及野柳族群，平均莖生葉數約只有 32 枚，這可能是早春寒流、盛行強風及高鹽環境等逆境交感作用之結果。低溫、強風及鹽分等逆境造成莖生葉數少且相對地大多呈矮株形的族群，但相同族群內的取樣個體間仍會有株高變化，此視其生育環境受光或遮陰程度而定。

葉片形態

台灣百合具有較長的葉片，但數據顯示部分高海拔族群的平均葉片長度偏短，甚至於較部分海岸族群的葉片為短，而這可能導因於高山平均溫度較低。研究指出溫度影響葉片伸展，25/20℃葉片最大長度可達 23 cm，而 20/15℃生長者只有 18 cm (鄭 1983；鄭 ＆ 許 1984)。葉片寬度 1.0 cm 以上的族群原生地皆為海岸地帶，葉片寬度 0.7 cm 以下的族群原生地皆為中高海拔山區，一般而言鐵炮百合之葉寬較台灣百合為寬 (溫 1997)，鐵炮百合葉寬可以達台灣百合的 1.5 倍 (李 1997)，但數據中也顯示瑪家、霧社等族群葉寬約 1 cm，相當於海岸族群的葉片寬度 (表 4)。環境因子造成族群間或族群內個體間葉片長短或寬窄變異極大，因此單就葉片長度及寬度的數據，依然無法完全做為台灣百合及鐵炮百合分群之依據 (表 4)。

綜合葉長及葉寬形態特徵，基本上台灣百合葉片較為細長，鐵炮百合葉片較為窄寬，葉長/寬比之數據若以 18-20 為一分界線，配合採集區域劃分，可以分為 (1) 葉長/寬：20.11-34.38，北部山區、中部山區及南部山區，(2) 葉長/寬：6.97-18.41，東北角海岸、東部海岸 (含離島) 等兩大區 (表 4、7)。此兩區符合台灣百合及鐵炮百合之分群，11 個族群第二年的調查數據也符合以 18-20 為一分界的分群結果，因此葉長/寬比之形態特徵可能較不受環境因子影響 (表 8)。李 (1997)研究顯示台灣百合及鐵炮百合族群間葉片長寬比分別為 26.2 及 14.1；王 (1997) 調查 8 個台灣百合族群，葉長/寬比均在 20 以上;溫 (1997) 調查 5 個鐵炮百合族群及 9 個台灣百合族群,平均葉片長寬比分別為 11.08-20.90 及 20.78-41.9。因此葉片長度與寬度的比值以 18-20 唯一分界，可以作為台灣百合及鐵炮百合分群的主要形態指標

花器官形態

花柱長及子房長度數據間並未有明顯的趨勢出現，而花筒長數據顯示海邊及高山族群花較小，中海拔族群花較大，許 (1978)指出台灣百合花朵長度介於 17-21 cm 之間。東北角及東部族群，除石梯坪、三仙台及蘭嶼之外，其餘族群 80%以上樣本莖軸有細毛，而離岸中央山脈族群則大多數樣本並不具有此特徵。莖軸紫斑並未出現明顯趨勢，但值得注意的是蘭嶼族群調查樣本莖軸完全未出現紫斑。一般常以花被紅褐色斑紋之有無來區分台灣百合及鐵炮百合，但結果並未有如此之趨勢，19 個台灣百合族群中有 12 個族群樣本出現斑紋的比例在 50%以下,可能是多數樣本採集後定植於溫室中開花,並未接受到足夠紫外線照射所致,當具有紅褐色的植株,移植到生長箱或溫室後,紅褐色會消退 (Shii 1984；李 1997)；溫 (1997) 野外觀察發現花被紫斑之特徵似與光照多寡有關，故其研究亦未將花色納入形態特徵調查內容。因此以花被上紅褐色斑紋之有無做為台灣百合與鐵炮百合之分類依據顯然並不適合。東北角海岸及東部族群，多數花葯顏色為黃色，13 個族群中有 3 個族群樣本花葯均為黃色；而離岸中央山脈族群則未有明顯趨勢，樣本花葯顏色依族群不同而有黃色或紅褐色佔優勢。此與許 (1978)研究有些許差異,其報告中指出台灣百合一般紫紅色花葯佔優勢,鐵炮百合則以黃色佔大多數,這是否意味多年後族群間已有所交流而致變化，有待進一步研究。

結　論

百合在台灣原生地的環境差異極大，海邊岩礁地、草叢、面海懸崖、林間草生地及高山草原迎風面等在光照、雨量、水分及營養等微氣候上之差異，直接或間接的影響植物生長。形態上之差異來自於遺傳與環境間之交感作用 (Pillay *et al*. 2001)，極易受到生育環境之影響，因此援引形態數據做為分類依據時，必須先釐清調查的形態數據與環境因子之關係。

形態易受環境影響，強風吹襲，植株可能變矮，葉片可能變寬，花朵變小；長日增加株高，低溫卻使株高縮短或影響葉片生長。綜合以上，形態調查數據中的株高、葉長、葉寬、莖軸直徑、葉片數、花柱長、子房長及花筒長等，並不適合做為台灣百合及鐵炮百合分群之主要依據，而葉長/寬比值似乎可以做為台灣百合及鐵炮百合初步分類之主要依據，並以 18-20 為一分界。葉長/寬比大於此一分界的族群，遺傳上偏向台灣百合；葉長/寬比小於此一分界的族群，遺傳上則偏向鐵炮百合。

誌　謝

本項試驗研究承國家型計畫經費補助，本所鳳山熱帶園藝試驗分所李文立助理研究員於材料收集及試驗分析上之協助，謹此深致謝忱。

引用文獻

王靜雯。1997。台灣百合 (*Lilium formosanum* Wall.)之分類學研究。國立台灣大學植物學研究所碩士論文。52 pp.

李文立。1997。台灣原生鐵炮百合及台灣百合形態調查與 RAPD 多型性分析。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。109 pp.

金石文。1995。百合屬之種源保存、遺傳歧異性分析及其種源利用與評估。國立台灣大學園藝學研究所博士論文。145 pp.

許圳塗。1977。臺灣原生鐵炮百合 (*Lilium longliflorum* Thunb.)及臺灣百合 (*L. formosanum* Wall.)不同族群結實及種子發芽特性。中國園藝 23 (1):15-22。

許圳塗。1978。臺灣原生百合生長習性及栽培利用之研究。國立臺灣大學園藝系編印。台北。25 pp.

溫佳思。1997。糙莖鐵炮百合與台灣百合族群分化之研究。國立台灣大學植物學研究所博士論文。181 pp.

鄭免。1983。台灣百合實生苗簇生習性及影響生長發育因子之研究。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。78 pp.

鄭免、許圳塗。1984。苗期溫度、低溫及光週處理對台灣百合抽莖及開花的影響。中國園藝 30:50-58。

Pillay, M., E. Ogundiwin, D. C. Nwakanma, G. Ude, and A. Tenkouano. 2001. Analysis of genetic diversity and relationships in East African banana germplasm. Theor. Appl. Genet. 102:965-970.

Shii, C. T. 1983. Distribution and variation of *Lilium formosanum* Wall. and *L. longiflorum* Thunb. The North American Lily Society Yearbook 36:48-51.

Wen, C. S. and J. Y. Hsiao. 1999. Genetic differentiation of *Lilium longiflorum* Thunb. Var. scabrum Masam. (*Liliaceae*) in Taiwan using Random Amplified Polymorphic DNA and morphological characters. Bot. Bull. Acad. Sin. 40:65-71.

The Studies on Morphological Markers and Developmental Plasticity of Native Lilies in Taiwan[1]

Ting-En Dai[2,5] , Fong-Wu How[3] and Chou-Tou Shii[4]

Summary

Dai, T. E., F. W. How, and C. T. Shii. 2005. The studies on morphological markers and developmental plasticity of native lilies in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 54:207-218.

To document the morphological diversity of *L. formosanum* and *L. longiflorum* native in Taiwan, germplasms from 32 native lilium populations were collected from two distinct geographic districts: 'Central Mountain District' (northern, central and southern area, 3 areas and 19 population sites) and 'Coast District' (northeast, east and off shore islets, 3 areas and 13 population sites). Samples were grown in green house for morphological and genetic comparison and for germplasm conservation purpose. Studying morphological characteristics of different accessions in *L. formosanum* and *L. longiflorum* native in Taiwan can provide us the needed information in conservation and breeding program. A great diversity existed in the characteristic of plant height. Mean plant height among 32 populations ranged from 12.6±7.8 cm (Au-Di) and to 135.0±49.4 cm (Luo-Na). Average plant height of samples from 'Central Mountain District' was 71.43±40.43 cm with the max 135.0±49.4 cm (Luo-Na) and the min 21.4±5.7 cm (He-Huan-Shan). Average plant height of samples from 'Coast District' was 32.84±17.25 cm with the maximum of 51.8±23.0 cm (Jien-Shan) and the minimum of 12.6±7.8 cm (Au-Di). The plant height characteristic showed a great diversity in inter- and intra- populations. Samples could also be categorized by leaf length to width ratio: nineteen populations have a value above 20 and the rest with a value below 18. Mean leaf length to width ratio of 19 samples from 'Central Mountain District' was 22.44±6.78, the max. is 34.4±11.4 (Guan-Wu), the min. is 20.1±4.7 (Ma-Ja). The total average leaf length/width ratio of 13 populations in 'Coast District' is 12.28±5.46, the max is 18.4±4.4 (Jiyi-Chi), the min is 7.0±1.5 (Ba-Dou-Tz). The results showed that samples from 'Central mountains districts' (*L. formosanum*) had more morphological diversity than those from 'Coast Districts' (*L. longiflorum*). *L. formosanum* and *L. longiflorum* can be simply distinguished by Leaf length to width ratio in a value 18-20.

Key words: *Lilium. formosanum, L. longiflorum,* Morphological markers, Developmental plasticity, Germplasm.

---

1. Contribution No.2240 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: February 1, 2005.
2. Associate Researcher, Floricultural Research Center, ARI, Kukeng, Yulin, Taiwan, ROC.
3. Senior Researcher and Director, Floricultural Research Center, ARI, Kukeng, Yulin, Taiwan, ROC.
4. Professor, Department of Horticulture, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: tedai@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (05)5820835.

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:219~226 (2005)

台灣不同地區台南白玉米族群果皮性狀之變異 [1]

謝光照[2]

摘　　要

謝光照。2005。台灣不同地區台南白玉米族群果皮性狀之變異。台灣農業研究 54:219-226。

由花蓮、台北、台中、雲林、嘉義、高雄、屏東及台東等地所蒐集的台南白玉米族群之種子，於秋作在台中霧峰農業試驗所農場試驗田繁殖後代，每一族群逢機取樣 400 株，每株取一粒種子，每一族群各取 400 粒達生理成熟期且充實飽滿之種子，測定其籽粒重及果皮性狀。結果顯示：八個不同地區台南白族群間其籽粒重、發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、平均果皮厚度和發芽面與非發芽面果皮厚度之差值等五個性狀均達極顯著差異。就平均值而言，籽粒重以台北族群最重，最輕為花蓮族群。發芽面果皮厚度，以高雄族群最厚，最薄者為花蓮族群。非發芽面果皮厚度，以高雄族群最厚，最薄者為台東族群。果皮含量以雲林、屏東及台東三地區最少，最高者為高雄族群。平均果皮厚度以台東族群最薄，最厚者為高雄族群。一般發芽面果皮厚度呈現較非發芽面果皮為薄，發芽面與非發芽面果皮厚度之差值，以台東族群差異最小，差值最大者台北族群。不同地區台南白籽粒重和果皮性狀之頻度分布與族群統計介量也有所差異。顯然，由於環境差異或有意無意留種的結果，已使台南白品種分化並形成不同生態型。就籽粒重與果皮性狀間之相關分析，顯示發芽面果皮厚度與非發芽面、平均果皮厚度之間，及平均果皮厚度與非發芽面、發芽面減去非發芽面果皮厚度之差值間其相關均呈極顯著正相關。

關鍵詞：台南白、玉米、族群、果皮、變異。

前　　言

玉米台南白在台灣的栽培已有 90 年以上的歷史，為一重要鮮食用白玉米品種，因具有特殊的口感和食味，一直受消費者所喜愛，目前遍佈於台灣各地。台南白在台灣各地普遍栽培已有十分久遠的歷史，且當地農民栽培均採自行留種；加上台灣各地之農業生態型有顯著的差異，黃等 (1990)指出不同地區之台南白族群的農藝性狀平均值已有顯著差異，認為不同地區之族群間已有分化情形；謝&曾(1998)之研究顯示各地區之台南白族群內仍維持著極大的變異存在，同時在營養性狀的表現呈現南部族群 (屏東、台東)＞中部族群 (台中、彰化、雲林)＞北部族群 (桃園、花蓮)。而台南白玉米不同族

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2241 號。接受日期：94 年 10 月 23 日。
2. 本所農藝組副研究員。臺灣　臺中縣　霧峰鄉。電子郵件：x486045@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

群其發芽特性在不同地區間已產生分化而形成不同的生態型 (楊等 2003)。張等 (1994)分析七個不同地區的台南白族群種子中貯藏性玉米醇溶蛋白 (zein)含量，顯示 zein 分子之各個性狀在各地區族群內及族群間仍呈現相當之變異性。

成熟的玉米籽粒分為果皮、胚乳及胚三部份，果皮係由母本之子房壁發育而成，是籽粒最外層的保護組織，除了可防止胚受物理性及病原菌的傷害外，還可防止水分的散失，保護種子生命力的存在。鮮食用玉米影響品質的主要因子有果皮的柔嫩度 (tenderness)、甜度 (sweetness)和喜好 (flavor)等三項。一般鮮食籽粒的柔嫩度與果皮的厚薄和含量有密切相關 (Ito & Brewbacker 1981)。而目前有關鮮食用白玉米台南白果皮性狀之研究尚缺少，值得加以探討。

本研究目的即在探討所蒐集台灣不同地區之台南白族群，其果皮性狀在族群間之變異特性，以提供台南白族群在鮮食用白玉米育種上品質改良利用之資訊。

材料與方法

由台灣不同地區 (花蓮、台北、台中、雲林、嘉義、高雄、屏東、台東)所蒐集之台南白族群種子種植於 1994 年秋作 (9 月 4 日播種)農試所試驗田繁殖之後代為材料。田間設計為逢機完全區集設計 (RCBD)、四重複、八族群參試，每一族群每重複種植 120 穴，每穴二粒播，待發芽長至 20 cm 左右時進行間苗，每穴留一株，行長 6 m。六行區，行株距 80×30 cm。每公頃三要素肥料量為 N：P_2O_5：K_2O = 200：90：60。氮素 60 kg 及磷、鉀肥全量放於基肥時一次施用，其餘氮素 140 kg 則於齊膝期培土時施用。待生理成熟期後，採收果穗烘乾後進行種子果皮性狀之調查。生理成熟期之種子，每重複取 100 株，每株選飽滿籽粒一粒，四重複，合計每一族群計有 400 粒。

玉米籽粒果皮剝取之方法，參考 Helm & Zuber (1970)之報告稍作修正，其剝取及測定方法如下：1. 達生理成熟期之種子，烘乾後將其籽粒存放 10℃冷藏室內。2. 剝皮時取出，將種子稱重，然後在室溫下浸水二天使種子質地變軟後，再以解剖刀進行剝取果皮。先切下頂蓋 (tip cop)，再沿著發芽面 (germinal) (胚所在之面)切下發芽面之果皮，然後沿著非發芽面 (abgerminal) 切下非發芽面，最後取下冠蓋 (crown cap)及兩邊 (sides)之果皮。3. 剝下之果皮放置於體積比為 1 水：3 甘油醇 (glycerol) 溶液中，過夜。4. 倒掉溶液，取出果皮，用吸水紙將果皮表面擦乾。5. 利用厚薄計測量發芽面、非發芽面各上中下三點之厚度，以平均值 (μm) 記錄之。6. 測完厚度後之果皮，再以清水清洗果皮，然後將果皮放置於 70℃乾燥機中烘 4 小時後，秤量果皮重量，再以籽粒重換算成果皮含量。每粒籽粒調查的性狀包含有：籽粒重 (mg/kernel)、發芽面果皮厚度 (μm)、非發芽面果皮厚度 (μm)、果皮含量 (%)、平均果皮厚度 (μm)、發芽面減去非發芽面厚度之差值等六性狀。所獲得之數據先以 SAS、General Linear Model Procedure 進行變方分析及平均值顯著性比較；然後再以單變數統計法 (univariate procedure)進行不同地區個別族群各個性狀統計介量之分析，同時以頻度分布圖來表示不同族群間之分布型式。

結　　果

從台灣不同地區 (花蓮、台北、台中、雲林、嘉義、高雄、屏東、台東)所蒐集之台南白族群，籽粒果皮性狀變方分析之結果，顯示除了果皮含量外，其他五個性狀在地區族群間均達極顯著差異 (表 1)。

比較八個族群各個籽粒果皮性狀之平均值，結果如表 2 所列，詳述如下：(1) 籽粒重：以台北族群最重，其次為雲林、嘉義、高雄、屏東、台東族群，最輕者為花蓮族群。(2) 發芽面果皮厚度：花

蓮、雲林、屏東和台東等四族群較薄，其次為嘉義族群，較厚者為台北、台中和高雄族群。(3) 非發芽面果皮厚度：以台東最薄，其次為雲林和屏東族群，最厚者為台北和高雄二族群。(4) 果皮含量：以雲林、屏東和台東等三族群較少，其次為嘉義、花蓮、台北、台中，最多者為高雄族群。(5) 平均果皮厚度：以雲林、屏東和台東三族群最薄，其次為花蓮和嘉義二族群，最厚者為台北和高雄二族群。(6) 發芽面減去非發芽面果皮厚度之差值：以台中及台東二族群差值最小，其次為雲林、嘉義和屏東，差值較大者為花蓮、台北及高雄等三族群，差值範圍為 15.75～17.5 μm。

籽粒重與果皮性狀間之相關係數，列於表 3，由表中可看出玉米籽粒大小與發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量、平均果皮厚度和發芽面減去非發芽面果皮厚度之差值間均無相關性存在，表示台南白籽粒大小與果皮厚薄和果皮含量變化無關。發芽面厚度與非發芽面厚度、平均果皮厚度均達極顯著差異。非發芽面果皮厚度與平均果皮厚度、發芽面減去非發芽面果皮厚度之差值間均達極顯著正相關。平均果皮厚度和發芽面減去非發芽面果皮厚度之差值間為顯著負相關。

表 1. 八個不同地區台南白玉米族群籽粒果皮性狀變方分析之均方值
Table 1. Mean squares of maize kernel pericarp in eight TNW populations, collected from different sites of Taiwan

Source	DF	Kernel weight	Germinal pericarp thickness	Abgerminal pericarp thickness	Pericarp content	Average pericarp thickness	Difference between germinal and abgerminal
Block	3	491*[z]	16.84	2.44	0.245*	8.41	12.41
Population	7	368*	88.12**	227.74**	0.144	134.78**	102.14**
Error	21	122	11.10	16.04	0.070	11.58	6.17

[z] *,** Significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

表 2. 八個不同地區台南白玉米族群果皮性狀之平均值
Table 2. Mean for maize pericarp characters of eight TNW populations

Population	Kernel weight (mg/kernel)	Germinal pericarp thickness (μm)	Abgerminal pericarp thickness (μm)	Pericarp content (%)	Average pericarp thickness (μm)	Difference between germinal and abgerminal (μm)
HL[z]	470.7	108.75	125.25	6.64	117.50	-16.50
TP	498.2	117.75	135.25	6.67	126.75	-17.50
TC	485.2	118.00	123.25	6.62	120.75	-5.25
YL	492.0	109.50	119.75	6.31	115.00	-10.25
CY	489.5	114.75	123.25	6.54	119.50	-8.50
KH	491.2	120.75	136.50	6.80	129.00	-15.75
PT	492.7	109.50	119.25	6.32	114.50	-9.75
TT	492.0	110.75	115.25	6.33	113.00	-4.50
$LSD_{0.05}$	16.2	4.89	5.89	0.39	5.00	3.65
$LSD_{0.01}$	22.1	6.67	8.01	0.53	6.18	4.97

[z] HL: Hualien; TP: Taipei; TC: Taichung; YL: Yunlin; CY: Chiayi; KH: Kaohsiung; PT: Pingtung; TT: Taitung.

表 3. 八個台南白玉米族群籽粒果皮性狀之相關係數
Table 3. Correlation coefficients of maize pericarp characters in eight TNW populations

Population	Kernel weight	Germinal pericarp thickness	Abgerminal pericarp thickness	Pericarp content	Average pericarp thickness
Germinal pericarp thickness	0.225				
Abgerminal pericarp thickness	0.158	0.740**			
Pericarp content	-0.136	0.146	0.299		
Average pericarp thickness	0.182	0.898**	0.958**	0.258	
Difference between germinal and abgerminal	-0.006	-0.087	0.734**	0.293	-0.512**

z ** Significant at 0.01 probability.

八個不同地區之台南白族群、籽粒重和各果皮性狀之頻度分布及族群介量，結果示如表 4，各性狀說明如下。(1) 籽粒重：除了高雄族群為平峰對稱分布外，其他七個族群均為常態分布。變異係數以台中和高雄族群最大，最小者為雲林和嘉義二族群。(2) 發芽面果皮厚度：花蓮、台北、雲林和台東族群呈現偏歪在右之常峰分布，而台中、嘉義、高雄和屏東等族群呈現偏歪在右之高峰分布。變異係數以屏東和雲林兩族群最大，最小者為高雄族群。各族群均以果皮較薄者所佔的比例較多。(3) 非發芽面果皮厚度：所有族群均呈偏歪在右之高峰分布，變異係數以屏東和台東二族群較大，較小者為嘉義族群。各族群均以果皮較薄者所佔有之比例較多。(4) 果皮含量：花蓮、嘉義、高雄、屏東和台東等族群呈偏歪在右之高峰分布，而台北、台中、雲林則為偏歪在右之常峰分布。變異係數以台北族群最大，最小者為高雄和嘉義二族群。(5) 平均果皮厚度：花蓮、台中、嘉義、高雄呈現偏歪在右之高峰分布，而台北、雲林、屏東和台東族群則呈現偏歪在右之常峰分布。變異係數以高雄族群最小，其餘七族群表現相近似。(6) 發芽面減去非發芽面果皮厚度之差值：花蓮、台北、台中、雲林、高雄等族群呈現偏歪在左之高峰分布；而嘉義、屏東、台中為對稱之高峰分布。變異係數以台中和台東二族群較大，其次為雲林、嘉義、高雄、屏東等，最小者為花蓮和台北族群。

討 論

台南白為一天然授粉品種，具有籽實大、植株及果穗性狀變異性極大之特性 (謝 & 曾 1998)，在台灣一年四季皆有種植。由於種子係由農民自行留種及傳播，經由長期天然淘汰及農民有意或無意選種的結果，使得台南白成為適應性良好、病蟲害抗性強，且具有特殊的咀嚼感及風味，深受農民及消費者喜愛，故種源一直流傳於市場上。

玉米籽粒係由胚乳、胚、果皮及頂蓋 (tip cap)所組成，果皮是成熟玉米籽粒最外層的保護組織，其厚薄程度對種子的保護作用及種子乾燥時水分的散失均有密切關係。乾的籽粒，其胚乳約佔整粒的 82.9%，胚佔 11.1%，果皮佔 5.3%，頂蓋佔 0.8%。果皮的組成大部分 (約 86.7%) 由纖維素和半纖維素所組成，澱粉佔 7.3%，粗脂肪佔 1.0%，蛋白質佔 3.7%，粗灰分佔 0.8%，糖分佔 0.34% (Earle *et al.* 1946)。一般果皮的厚度及含量會影響鮮食用玉米的品質，果皮厚時其柔嫩度會下降，咀嚼時口感粗糙，果皮殘渣多。Brewbacker 等 (1996) 的研究顯示美國不同地區的地方品種間其種子果皮厚度有明顯的差異存在。本研究以八個不同地區之台南白族群為材料，測量其生理成熟期種子之果皮厚度，結果顯示不同地區族群間其果皮的厚度有明顯差異，同時其頻度分布型式也有所不同。就發面果皮厚度的變異來看，花蓮族群介於 57～206 μm，台北族群介於 67～200 μm，台中族群介於 60～240 μm，雲

林族群介於 59～210 μm，嘉義族群介於 58～240 μm，高雄族群介於 63～236 μm，屏東族群介於 57～215 μm，台東族群介於 62～204 μm，不同籽粒間其果皮厚度相差達四倍。而平均果皮厚度之表現在不同地區的族群間也呈現類似的趨勢，就族群的平均值而言，其變異介於 113 (台東)～129 μm (高雄)。Bretting 等 (1990)研究 Guatemalan 地區玉米小種 (race)同功異構酶 (isozyme)的變異，指出小種間其同功異構酶的變異，在高海拔地區之小種具有較高頻率之 *ACP1-2* 與 *Mdh2-6* 等位基因；而低海拔地區之小種則具有較高頻率之 *ACP1-4* 與 *Mdh2-3* 等位基因。另研究顯示西非地區玉米的地方品種(landrace)在灌木田區 (bushfield)與田園田區 (household field)的栽培生態下，其同功異構酶也呈現品種間的分化現象 (Sanou *et al.* 1997)。本試驗之結果，顯示台南白品種在長期不同地區栽培環境下，且經由自然與人為有意或無意選汰作用後，品種的遺傳組成已漸漸改變，並分化成不同生態型 (Stuber *et al*. 1980)。

表 4. 八個不同地區台南白玉米族群果皮性狀之變異
Table 4. Population parameters of maize pericarp characters in eight TNW populations collected from different sites in Taiwan

Population parameter	Kernel weight (mg/kernel)	Germinal pericarp thickness (μm)	Abgerminal pericarp thickness (μm)	Pericarp content (%)	Average pericarp thickness (μm)	Difference between germinal and abgerminal (μm)
Hualien						
Mean	470.70	108.75	125.25	6.64	117.50	-16.50
Skewness	0.16	0.66*[z]	0.94*	0.65*	0.74*	-0.56*
Kurtosis	-0.21	0.26	1.19*	0.67*	0.51*	1.31*
CV%	14.77	24.32	25.57	20.17	21.95	-167.14
Mini	287.00	57.00	60.00	3.29	59.00	-135.00
Max	651.00	206.00	260.00	12.21	214.00	80.00
Taipei						
Mean	498.20	117.75	135.25	6.67	126.75	-17.50
Skewness	0.18	0.50*	0.81*	0.73*	0.61*	-0.46*
Kurtosis	-0.19	-0.39	0.50*	0.05	-0.06	0.78*
CV%	14.65	22.37	26.41	32.34	21.78	-172.68
Mini	306.00	67.00	72.00	3.01	74.00	-103.00
Max	736.00	200.00	261.00	14.92	215.00	74.00
Taichung						
Mean	485.20	118.00	123.25	6.62	120.75	-5.250
Skewness	0.02	1.09*	1.08*	0.54*	0.75*	-0.65*
Kurtosis	-0.30	2.29*	3.08*	0.14	1.25*	4.85*
CV%	17.34	23.53	25.89	19.18	21.57	-613.30
Mini	305.00	60.00	53.00	3.56	59.00	-164.00
Max	725.00	240.00	273.00	10.89	219.00	117.00
Yunlin						
Mean	492.00	109.50	119.75	6.31	115.00	-10.25
Skewness	0.02	0.65*	1.14*	0.32*	0.66*	-0.55*
Kurtosis	-0.31	0.17	2.24*	-0.05	0.26	2.19*
CV%	14.36	23.89	25.99	21.23	22.15	-253.12
Mini	289.00	59.00	68.00	3.00	69.00	-135.00
Max	666.00	210.00	270.00	10.40	216.00	68.00

[z] * That was non-normal distribution.

表 4. 八個不同地區台南白玉米族群果皮性狀之變異（續）
Table 4. Population parameters of maize pericarp characters in eight TNW populations collected from different sites in Taiwan (continued)

Population parameter	Kernel weight (mg/kernel)	Germinal pericarp thickness (μm)	Abgerminal pericarp thickness (μm)	Pericarp content (%)	Average pericarp thickness (μm)	Difference between germinal and abgerminal (μm)
Chiayi						
Mean	489.50	114.75	123.25	6.54	119.50	-8.50
Skewness	-0.03	1.09*	1.13*	0.80*	1.09*	0.16
Kurtosis	-0.02	2.28*	1.66*	1.43*	1.82*	1.41*
CV%	14.22	22.72	24.47	18.67	21.08	-284.31
Mini	277.00	58.00	62.00	4.06	60.00	-106.00
Max	682.00	240.00	250.00	13.02	235.00	80.00
Kaohsiunh						
Mean	491.20	120.75	136.50	6.80	129.00	-15.75
Skewness	-0.08	0.97*	1.43*	0.80*	1.26*	-0.55*
Kurtosis	-0.53*	2.48*	3.05*	2.59*	3.19*	1.69*
CV%	18.13	19.64	25.01	18.36	18.93	-215.29
Mini	285.00	63.00	80.00	4.16	80.00	-137.00
Max	718.00	236.00	287.00	14.04	259.00	99.00
Pingtung						
Mean	492.70	109.50	119.25	6.32	114.50	-9.75
Skewness	0.03	0.83*	0.89*	0.64*	0.69*	-0.19
Kurtosis	-0.35	1.18*	0.99*	0.61*	0.34	1.60*
CV%	16.14	23.89	27.39	20.53	22.84	-287.55
Mini	269.00	57.00	57.00	3.05	61.00	-101.00
Max	694.00	215.00	250.00	11.98	201.00	114.00
Taitung						
Mean	492.00	110.75	115.25	6.33	113.00	-4.50
Skewness	0.03	0.73*	0.96*	0.74*	0.76*	-0.01
Kurtosis	-0.29	0.18	1.22*	1.24*	0.46	1.12*
CV%	15.10	23.63	27.61	20.65	22.44	-600.68
Mini	271.00	62.00	60.00	3.54	69.00	-100.00
Max	708.00	204.00	238.00	11.39	198.00	99.00

[z] * That was non-normal distribution.

Brewbacker 等 (1996)指出成熟玉米籽粒果皮厚度小於 50 μm 時，才能被高度接受為鮮食用玉米類。當果皮厚度超過 75 μm 時，在食用咀嚼時口感呈現粗糙，果皮殘渣多，一般較不會被消費者所接受。而台南白族群內或不同族群間其果皮性狀均存在極大的變異範圍，由此族群分離培育自交系，將可選獲果皮厚度在 50～60 μm 之間的自交系。台南白籽實大、扁平，果皮厚度的變化呈現發芽面較非發芽面來得薄，不同地區的族群間其果皮含量介於 6.32～6.80%之間，變異不大，是台南白品種本身的特性。由相關性分析顯示果皮的厚薄與其果皮含量無顯著相關性存在。而發芽面果皮與非發芽面果皮厚度、平均果皮厚度間呈極顯著正相關係，因此育種過程中篩選自交系果皮的厚度時，僅須測量發芽面之厚度，即可知自交系籽粒平均果皮的厚薄程度。當台南白育成薄果皮的自交系後，進一步可組合成 F1 單交種，其品質會較佳且整齊一致，則對台灣本土種食用白玉米品質的改進會有很大的增進效果。

引用文獻

張世融、盧虎生、黃懿秦、朱鈞。1994。不同地區台南白玉米貯藏性蛋白質(Zein)之含量與變異。中華農藝 4:129-135。

黃懿秦、楊文煌、曾美倉、謝兆樞。1990。不同地區之台南白玉米族群間農藝性狀差異之比較。台灣大學農學院研究報告 30(3):52-59。

楊舒惠、謝光照、吳詩都。2003。台南白玉米不同族群發芽性狀之變異。中華農學會報 4(1):1-16。

謝光照、曾富生。1998。台灣不同地區臺南白玉米族群性狀之變異。中華農業研究 47(3):204-219。

Antonovics, J. 1976. The input from population genetics "The new ecological genetics". Syst. Bot. 1: 233-243.

Bretting, P. K., M. M. Goodman, and C. W. Stuber. 1990. Isozymatic variation in Guatemalan races of maize. Am. J. Bot. 77: 211-225.

Brewbacker, J. L., L. B. Larish, and G. H. Zan. 1996. Pericarp thickness of the indigenous American races of maize. Maydica 41: 105-111.

Earle, F. R., J. J. Curtis, and J. E. Hubbard. 1946. Composition of the component of the corn kernel. Cereal Chem. 44: 601-606.

Helm, J. L. and M. S. Zuber. 1970. Effect of harvest date on pericarp thickness in dent corn. Can. J. Plant Sci. 50: 411-413.

Ito, G. M. and J. L. Brewbaker. 1981. Genetic advance through mass selection for tenderness in sweet corn. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 106: 496-499.

Sanou, J., B. Gouesnard, and A. Charrier. 1997. Isozyme variability in west African maize cultivars (*Zea mays* L.). Maydica 42: 1-11.

Stuber, C. W., R. H. Moll, M. M. Goodman, H. E. Schaffer, and B. S. Weir. 1980. Allozyme frequency change associated with selection for increased grain yield in maize (*Zea mays* L.). Genetics 95:225-236.

Pericarp Characters Variation of Different Tainan-White Maize Population in Taiwan [1]

Guang-Jauh Shieh [2]

Summary

Shieh G. J. 2005. Pericarp characters variation of different Tainan-white maize population in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 54:219-226.

Tainan-White (TNW) is a native maize population and has been cultivated for over 90 years in Taiwan. TNW has been conventionally utilized as green corn. Seed from eight TNW populations collected from Hualien, Taipei, Taichung, Yunlin, Chiayi, Kaohsiung, Pingtung and Taitung were planted at Wufeng to study the pericarp characters. The results showed significant differences in kerenl weight, germinal surface thickness, abgerminal surface thickness, average thickness, difference of germinal minus abgerminal thickness among the eight TNW maize populations. The Taipei population has larger kernel weight, and the Hualin population has smaller kernel weight. The Kaoshiung and Taipei populations has thicker pericarp, and those from Hualien and Taitung have thiner pericarp. The Kaoshiung population has hihgest pericarp contents, and the populations form Yunlin, Pingtung and Taitung contain lower proportion. These results indicated that the eight TNW maize populations have already differentiated in the genetic component of the pericarp characters. Phenotypic correlation between germinal surface thickness and abgerminal surface thickness, average thickness of the pericarp were positive, and highly significant. Thus, the germinal surface thickness can be used as selection parameter for pericarp thickness improvement in the green corn.

Key words: Tainan-White, Maize, Population, Pericarp, Variation.

---

1. Contribution No.2241 From Agricultueal Research Institude, Council of Agriculture. Accepted: October 23, 2005.
2. Associate Agronomist, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC. Corresponding auther, e-mail: x486045@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23302806.

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:227~234 (2005)

玉米不同遺傳背景與胚乳型對果皮厚度之影響 [1]

謝光照 [2]

摘　　要

謝光照　。2005。玉米不同遺傳背景與胚乳型對果皮厚度之影響。台灣農業研究 54:227-234。

以 B14、B37 及 M14 三種遺傳背景的 su_1、*wx*、su_2、sh_1、o_2 及野生型等六種胚乳型所組合成的 18 個自交系為材料，探討遺傳背景與胚乳型改變對果皮性狀表現之影響。結果顯示，遺傳背景的不同、胚乳型的種類及遺傳背景與胚乳型之交感作用均對籽粒重、發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量、平均果皮厚度、發芽面與非發芽面果皮厚度差值等性狀均有極顯著影響。三種遺傳背景相較，顯示 M14 具有最薄的果皮厚度及果皮含量，發芽面厚度大於非發芽面；其次為 B14；最厚者為 B37，同時也具有最高之果皮含量。六種胚乳型相比較，顯示 *wx* 胚乳型具有最薄之果皮厚度，其次為 su_1 及 sh_1 胚乳型，再其次為 su_2 胚乳型，最厚者為 o_2 與野生型。果皮含量以 *wx* 最少，其次為 su_2 與 o_2 胚乳型，最多者為 su_1、sh_1 及野生型。*wx* 基因不論在何種遺傳背景下與正常胚乳型相較，均呈現有降低果皮厚度及含量之作用。

關鍵詞：玉米、遺傳背景、胚乳型、果皮。

前　　言

玉米的消費利用方式有許多種，一般玉米果穗在未成熟前 (乳熟期)採收而食用者，統稱為鮮食用玉米 (green corn)。美國加工製罐頭用的玉米大多採用甜玉米或超甜玉米等類型。而在熱帶地區，大部份鮮食用玉米係利用飼料玉米 (field corn)在授粉後 20～25 天，正處於乳熟期階段的鮮果穗 (Brewbaker 1982)，或糯質玉米 (waxy)、甜玉米 (sugary, sugary-2)、超甜玉米 (shrunken-2, brittle-1)等類型之乳熟期果穗，以水煮或碳烤當作休閒食品。目前已知不同類型的玉米如爆裂種 (Richarson 1960)、馬齒種玉米 (Ho *et al.* 1975；Helm ＆ Zuber 1969)、飼料玉米 (Ito ＆ Brewbaker 1991)、甜玉米 (Tracy ＆ Galinat 1987)等其果皮厚度也有所不同。玉米籽粒果皮的厚度對鮮食用品質有很大的影響，甜玉米當其果皮厚度超過 75 µm 時，食之口感粗糙，一般多不能被消費者接受。

前人研究顯示玉米籽粒果皮厚度不會受胚乳型的改變而影響其厚度 (Helm *et al.* 1970)，而 Tracy ＆ Schmidt (1987)以甜玉米為材料，指出果皮厚度明顯的受胚乳突變基因型 (endosperm type)不同所

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2242 號。接受日期：94 年 11 月 2 日。
2. 本所農藝組副研究員。臺灣　臺中縣　霧峰鄉。電子郵件：x486045@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

影響。本研究目的即在探討不同的胚乳型及遺傳背景對果皮厚度是否有明顯影響，以作為鮮食用玉米品質選育上之參考。

材料與方法

本研究以三種遺傳背景系 B14、B37、M14 和六種胚乳型 (wild type、o_2 、sh_1、su_1、su_2、*wx*)組合而成的 18 種基因型為材料 (表 1)，係前台大植物系教授蔡嘉寅教授由美國普渡大學所引進之種源。田間設計為逢機複因子試驗，A 因子為遺傳背景，B 因子為胚乳型，每一基因型每小區種一行，4.5 m，行株距為 80×30 cm，重複四次，公頃三要素肥料量為 N：P_2O_5：K_2O = 200：90：60。氮素 60 kg 及磷、鉀肥全量放於基肥時一次施用，其餘氮素 140 kg 則於齊膝期培土時施用。每行均以人工兄弟妹交配授粉且套袋，以防其它基因型之花粉汙染，待果穗達生理成熟時採收，烘乾至 13.5%含水量，然後存於冰箱內。生理成熟期之種子，每基因型重複取 10 粒飽滿籽粒進行測果皮性狀。

玉米籽粒果皮剝取之方法，參考 Helm & Zuber (1970)之報告稍作修正，其剝取及測定方法如下：1. 達生理成熟期之種子，烘乾後稱其籽粒重，然後存放 10℃冷藏室內。2. 剝皮時取出，將種子在室溫下浸水二天使種子質地變軟後，再以解剖刀進行剝取果皮。先切下頂蓋 (tip cop)，再沿著發芽面 (germinal) (胚所在之面)切下發芽面之果皮，然後沿著非發芽面 (abgerminal)切下非發芽面，最後取下冠蓋 (crown cap)及兩邊 (sides)之果皮。3. 剝下之果皮放置於體積比為 1 水：3 甘油醇 (glycerol)溶液中，過夜。4. 倒掉溶液，取出果皮，用吸水紙將果皮表面擦乾。5. 利用厚薄計測量發芽面、非發芽面各上中下三點之厚度，以平均值 (μm)記錄之。6. 測完厚度後之果皮，再以清水清洗果皮，然後將果皮放置於 70℃乾燥機中烘 4 小時後，秤量果皮重量，再以籽粒重換算成果皮含量。每粒籽粒調查的性狀包含有：籽粒重 (mg/kernel)、發芽面果皮厚度 (μm)、非發芽面果皮厚度 (μm)、果皮含量 (%)、平均果皮厚度 (μm)、發芽面減去非發芽面厚度之差值等六性狀。所獲得之數據先以 SAS、General Linear Model Procedure 進行變方分析、平均值顯著性比較與相關分析。

結　　果

由三種不同的遺傳背景 (B14、B37和M14)及六種胚乳型 (wild type、o_2、su_1、su_2、sh_1、*wx*)所組合而成的18種基因型進行果皮性狀之調查。試驗數據經變方分析之結果 (表2)，顯示所調查的性狀如

表 1. 所使用玉米自交系遺傳背景之系譜與胚乳型之外表特性
Table 1. The genetic background and endosperm type of inbred lines of maize used in this study

Variety/endosperm genotype	Genetic background
B14	(B14A × MV Source) BC_4
B37	Iow Stiff Stalk Syn. (BSSSCo)
M14	BR10 × R8
o_2	Opaque, high lysine content
sh_1	Shrunken, in flated, sweet kernels collapse on drying, becoming angular and brittle
su_1	Sugary, endosperm wrinkled and translucent when dry; sweet at milk stage
su_2	Sugary, endosperm glassy, translucent, sometimes wrinkled
wx	Waxy, amylopectin replace amylose in endosperm and pollen
wild type	Normal, dent or flint of kernel type

籽粒重、發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量、平均果皮厚度、發芽面與非發芽面果皮厚度差值等性狀均受遺傳背景、胚孔型、遺傳背景 ×胚乳型之交感作用影響，且達極顯著，表示不同的遺傳背景 (如 B14、B37、M14)、胚乳型 (wild type、o_2、su_1、su_2、sh_1、*wx*)及兩者之聯合效應均會對籽粒重、果皮厚度和含量產生明顯的影響。

三種遺傳背景之平均列於表 3，相較之下，顯示籽粒重為 M14 最輕，最重者為 B14。發芽面果皮厚度以 M14 最薄 (87.6 μm)，其次為 B14 (126.5 μm)，最厚為 B37 (168.6 μm)。非發芽面果皮厚度，以 M14 最薄 (78.4 μm)，其次為 B14 (132.4 μm)，最厚者為 B37 (171.7 μm)；果皮含量，以 M14 最少 (5.99%)，其次為 B14 (9.0%)，最多者為 B37 (13.93%)；平均果皮厚度，同樣以 M14 最薄 (83.0 μm)，其次為 B14 (129.5 μm)，最厚者為 B37 (170.2 μm)；發芽面與非發芽面果皮厚度差值之表現，M14 為發芽面厚度大於非發芽面，而 B14 和 B37 則呈現非發芽面厚度大於發芽面之現象。三種遺傳背景中，以 B37 其發芽面與非發芽面果皮厚度相差最少，最大者為 M14。

六種胚乳型之平均值列於表 4。籽粒重的表現，以 su_1 (135 mg)最輕，其次 su_2 (148.8 mg)，最重者為 o_2 (187.8mg)與 wild type (187.5mg)。發芽面果皮厚度的平均表現，以 *wx* 胚乳型 (102.2 μm)最薄，其次為 sh_1 (120.3 μm)，最厚為 o_2 與 wild type。非發芽面果皮厚度，以 *wx* (98.3 μm) 最薄，其次為 sh_1 胚乳型，最厚者為 o_2 與 wild type。果皮含量的表現介於 7.32～10.65%，其中以 *wx* 胚乳型最少，最多者為 su_1 與 sh_1 兩種胚孔型。平均果皮厚度呈現相類似之現象，以 *wx* (100.3 μm)最薄，其次為 su_1 (122.8

表 2. 玉米不同遺傳背景與胚乳型果皮性狀變方分析之均方值
Table 2. The mean squares of ANOVA for pericarp characters of maize

Source	DF	Kernel weight (mg/nel)	Germinal thickness (μm)	Abgerminal thickness (μm)	Pericarp content (%)	Average thickness (μm)	Difference of germinal minus abgerminal (μm)
Treatment	17	2980**[z]	6154**	8274**	62.0**	7022**	673**
Background (B)	2	2107**	39387**	52701**	385.1**	45524**	1330**
Endosperm (E)	5	5330**	2926**	3709**	18.0**	3186**	531*
B × E	10	1980**	1122**	1671**	19.4**	1240**	614**
Error	54	88	136	108	1.4	81	168

[z] *, ** Significant difference at 0.05 and 0.01 probabilities according to ANOVA analysis, respectively.

表 3. 玉米不同遺傳背景果皮性狀之平均值
Table 3. The mean values of background in maize inbred lines of maize

Background	Kernel weight (mg/kernel)	Germinal thickness (μm)	Abgerminal thickness (μm)	Pericarp content (%)	Average thickness (μm)	Differenc of germinal minus abgerminal (μm)
B 14	176.3	126.5	132.4	9.00	129.5	-5.9
M 14	158.5	87.6	78.4	5.99	83.0	9.2
B 37	162.2	168.6	171.7	13.93	170.2	-3.1
$LSD_{0.05}$	5.4	6.7	6.0	0.70	5.2	7.5
$LSD_{0.01}$	7.2	9.0	8.0	0.93	6.9	9.9

表 4. 玉米不同胚乳型果皮性狀之平均值
Table 4. The mean values of endosperm in maize inbred lines of maize

Endosperm	Kernel weight (mg/kernel)	Germinal thickness (μm)	Abgerminal thickness (μm)	Pericarp content (%)	Average thickness (μm)	Difference of germinal minus abgerminal (μm)
su_1	135.0	126.9	118.6	10.65	122.8	8.3
wx	170.8	102.2	98.3	7.32	100.3	3.9
su_2	148.8	132.8	135.0	9.60	133.9	-2.2
sh_1	164.1	120.3	124.8	10.63	122.5	-4.5
o_2	187.8	148.4	143.8	9.59	146.1	4.6
wild type	187.5	135.2	144.4	10.03	139.8	-9.2
$LSD_{0.05}$	7.7	9.5	8.5	0.99	7.4	10.6
$LSD_{0.01}$	10.2	12.7	11.4	1.32	9.8	14.1

μm)，最厚者為 o_2 (146.1 μm)；發芽面與非發芽面果皮厚度差值的表現，su_1、*wx* 和 o_2 三種胚乳型呈現發芽面較非發芽面厚度來得厚；而 su_2、sh_1 及 wild type 則為非發芽面厚度大於發芽面厚度。

18 種基因型之平均值列於表 5。由表可知籽粒重的表現，以 B14 su_1、B37 *wx*、M14 su_2 等具有較輕之籽粒重，較重者為 B14 wild type 與 B37 o_2。發芽面果皮厚度，以 M14 o_2 (63 μm)、M14 *wx* (72.8 μm)、M14 wild type (82.0 μm)等三者具有較薄之果皮，而 B37 o_2 基因型則具有最厚的果皮 (206.8 μm)。非發芽面果皮厚度之表現，最薄之基因型為 M14 sh_1 的 59.3 μm 和 M14 *wx* 的 68.3 μm，最厚之基因型為 B37 o_2 的 216.8 μm。果皮含量，以 M14 wild type 的基因型 4.34%最少，其次為 M14 sh_1 的 4.63%，果皮含量最多的基因型為 B73 sh_1。平均果皮厚度，以 M14 sh_1 最薄為 61.2 μm，其次為 M14 *wx* 基因型的 70.6 μm，最厚者為 B37 o_2 的 211.8 μm。發芽面與非發芽面果皮厚度之差值，以 B14 *wx* 之差異值最小，發芽面果皮厚度與非發芽面果皮厚度差值為 0；而以 M14 o_2 差異最大，呈現發芽面厚度大於非發芽面厚度達 31.5 μm。綜合上述之結果，可看出遺傳背景與胚乳型間有明顯的交感作用，對果皮厚度及含量均有明顯的影響。

性狀間之相關分析列於表 6，由表中可知 18 個基因型其籽粒重與發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量、平均果皮厚度無相關性存在。而籽粒重、非發芽面果皮厚度與發芽面減去非發芽面厚度差值均呈負顯著相關；發芽面果皮厚度、非發面果皮厚度、果皮含量和平均果皮厚度相互間之相關則呈極顯著正相關。

討　論

果皮的柔軟性 (tenderness)為影響鮮食玉米品質好壞的一個重要因子，其與果皮的厚度呈顯著負相關 (Bailey & Bailey 1938；Ito & Brewbaker 1981)。因此果皮的厚度對甜玉米的玉米粒或玉米糊等罐頭加工會有很大的影響。美國的地方品種極多，其中粉質種 (floury)及食用的白玉米一般具有較薄的果皮，而果皮厚度超過 75 μm 的地方品種，因食用時口感粗糙，果皮殘渣多，一較不能被消費者所接受 (Brewbaker *et al.* 1996)。

前人的研究顯示不同類型的玉米其果皮的厚度有所差異，例如爆裂種玉米一般具有較厚之果皮，介於139～175 µm (Richardson 1960)，而經選拔的甜玉米和超甜玉米雜交種其果皮厚度介於40～60 µm (Tracy & Schmidt 1987)；國內未改良的台南白族群其果皮厚度介於 57～240 µm (謝 2005)。而同一類型的玉米基因型不同，其果皮的厚度也有明顯的差別 (Wolf *et al.* 1969；Ho *et al.* 1975)。

本研究以 B14、B37 和 M14 等三種遺傳背景與六種胚乳型 (su_1、su_2、sh_1、*wx*、o_2、wild type)組合而成的 18 種基因型為材料，分析不同遺傳背景與胚乳型的改變對果皮厚度是否有影響，結果顯示不同遺傳背景、胚乳型、遺傳背景與胚乳型之交感作用對果皮的厚度均有明顯著的影響，此結果與 Tracy & Schmidt (1987)的結果相似，因此進行鮮食用甜玉米 (su_2 或 sh_2)、糯性玉米 (waxy)或普通白玉米 (wild type)的選拔及自交系的培育中，對不同遺傳背景材料的選擇要謹慎，才會對果皮厚度的改進有所助益。

表 5. 玉米不同遺傳背景和胚乳型組合基因型果皮性狀之平均值
Table 5. The mean value of pericarp characters in inbred lines of maize

Genotype	Kernel weight (mg/kernel)	Germinal thickness (µm)	Abgerminal thickness (µm)	Pericarp content (%)	Average thickness (µm)	Difference of germinal minus abgerminal (µm)
B 14 su_1	129.3	127.5	106.3	8.91	116.9	21.2
B 14 *wx*	195.5	91.3	91.3	6.83	91.3	0.0
B 14 su_2	153.8	144.8	151.3	9.85	148.1	-6.5
B 14 sh_1	176.3	132.0	147.8	10.15	139.9	-15.8
B 14 o_2	175.3	119.5	126.5	7.26	123.0	-7.0
B 14 wild type	227.5	144.3	171.5	10.98	157.9	-27.2
M 14 su_1	134.8	88.3	86.0	9.28	87.2	2.3
M 14 *wx*	185.3	72.8	68.3	5.24	70.6	4.5
M 14 su_2	132.8	100.2	88.3	7.37	94.3	11.9
M 14 sh_1	153.8	63.0	59.3	4.63	61.2	3.7
M 14 o_2	183.5	119.8	88.3	5.09	104.1	31.5
M 14 wild type	161.2	82.0	80.3	4.34	81.2	1.7
B 37 su_1	141.0	165.0	163.8	13.77	164.4	1.2
B 37 *wx*	131.8	142.5	135.5	9.91	139.0	7.0
B 37 su_2	160.0	153.5	165.5	11.59	159.5	-12.0
B 37 sh_1	162.3	165.8	167.3	17.00	166.6	-1.5
B 37 o_2	204.5	206.8	216.8	16.43	211.8	-10.0
B 37 wild type	173.8	179.3	181.5	14.76	180.4	-2.2
$LSD_{0.05}$	13.3	16.5	14.8	1.72	12.7	18.4
$LSD_{0.01}$	17.7	22.0	19.7	2.29	17.0	24.4

表 6. 玉米籽粒與果皮性狀間之相關係數 (N=18)
Table 6. The correlation between kernel and pericarp characters of maize

Characters	Kernel weight	Germinal thickness	Abgerminal thickness	Pericarp content	Average thickness
Germinal thickness	0.18				
Abgerminal thickness	0.30	0.96**			
Pericarp content	0.08	0.89**	0.90**		
Average thickness	0.25	0.99**	0.99**	0.91**	
Difference of germinal minus abgerminal	-0.50*[z]	0.27	-0.53*	-0.36	-0.42

[z] *, ** Significant difference at 0.05 and 0.01 probabilities, respectively.

結果顯示 *wx* 糯質基因在三種不同的遺傳背景中，均有降低其果皮厚度與含量之作用。而郝與吳 (2003)的研究指出將 *wx* 基因導入甜玉米或超甜玉米種源中，使配成雙隱性的甜糯玉米品種 ($wxsu_2$, $wxsh_2$)，則 *wx* 基因對甜玉米的可溶性糖含量有極明顯的增加作用，同時其澱粉均為支鏈澱粉；且 *wx* 基因對甜玉米或超甜玉米果皮的厚度有明顯的減少作用，因此未來國內超甜玉米的育種或可導入 *wx* 基因於 sh_2 種源中，然後選育出新的雙隱性甜糯玉米品種 (*wxsh2*)，則對甜玉米品質中糖度的增加及果皮厚度的降低均會有很大助益。

引用文獻

郝小琴、吳子愷。2003。雙隱性甜糯玉米的主要農藝及品質性狀。作物學報 29:321-329。

謝光照、曾富生。2005。台灣不同地區台南白玉米族群果皮性狀之變異。台灣農業研究 54:219-226

Bailey, D. M. and R. M. Bailey. 1938. The relationship of the pericarp to tenderness in sweet corn. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 36:555-559.

Brewbaker, J. L. 1982. Genetic improvement in green corn. p.63-39. *in*: Proceeding of Symposium of Plant Breeding. (Hsieh S. C. and D. J. Liu. eds.) Agric. Assn. China (Taiwan) and SABRAO Pub. Taiwan Agricultural Research Institute. Taichung, Taiwan.

Brewbaker, J. L., L. B. Larish, and G. H. Zan. 1996. Pericarp thickness of the indigenous american races of maize. Maydica 41:105-111.

Helm. J. L., D. V. Glover, and M. S. Zuber. 1970. Effect of endosperm mutants on pericarp thickness in corn. Crop Sci. 10:105-106.

Helm, J. L. and M. S. Zuber. 1969. Pericarp thickness of dent corn inbred lines. Crop Sci. 9:803-804.

Ho. L. C., L. W. Kannenberg, and R. B. Hunter. 1975. Inheritance of pericarp thickness in short season maize inbreds. Can. J. Gene. Cytol. 17:621-629.

Ito, G. M. and J. L. Brewbaker. 1981. Genetic advance through mass selection for tenderness in sweet corn. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 106:496-499.

Ito, G. M. and J. L. Brewbaker. 1991. Genetic analysis of pericarp thickness in progenies of eight corn hybrids. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 116:1072-1077.

Richardson, D. L. 1960. Pericarp thickness in popcorn. Agron. J. 52:77-80.

Tracy, W. F. and D. H. Schmidt. 1987. Effect of endosperm type on pericarp thickness in sweet corn inbred. Crop Sci. 27:692-694.

Tracy, W. F. and W. C. Galinat. 1987. Thickness and cell layer number of the pericarp of sweet corn and some of its relatives. HortScience 22:645-647.

Wolf, M. J., I. M. Cull, J. L. Helm, and M. S. Zuber. 1969. Measuring thickness of excised mature corn pericarp. Agron. J. 61:777-779.

Effect of Endosperm Type and Genetic Background on Pericarp Thickness in Maize Inbred Lines[1]

Guang-Jauh Shieh [2]

Summary

Shieh. G. J. 2005. Effect of endosperm type and genetic background on pericarp thickness in maize inbred lines. J. Taiwan Agric. Res. 54:227-234.

Eighteen genotypes of maize inbred lines combined from six types of endosperm, including su_1, wx, su_2, sh_1, o_2, wild type, and three genetic backgrounds, including B14, B37, and M14 were used as the materials. The objective of this research was to determine the effects of endosperm types on pericarp thickness in three gentetic background of maize inbred lines. The results showed that pericarp thickness of kernel was significantly affected by genetic background, endosperm types, and interactions of endosperm type and genetic background. Average pericarp thickness and contents of genetic background averaged across endosperm types range from 83 µm (M14) to 170.2 µm (B37), and 5.99% (M14) to 13.9% (B37), respectively. Averaged across genetic backgrounds, the endosperm *wx* had significantly thinner pericarp thickness, 100.3 µm and lowest pericarp contents (7.32%) than other endosperm types. The endosperm o_2 and wild type had thickest pericarp thickness and highest pericarp contents. Pericarp thickness and content of *waxy* endosperm type were thinner than others, indicated the decreased effect on pericarp thickness of maize inbred lines.

Key words: Maize, Genetic backgrounds, Endosperm type, Pericarp.

---

1. Contribution No.2242 From Agricultueal Research Institude, Council of Agriculture. Accepted: November 2, 2005.
2. Associate Agronomist, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC. Corresponding auther, e-mail: x486045@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23302806.

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:235~244 (2005)

杏鮑菇栽培基質再利用之研究 [1]

陳錦桐[2]　簡宣裕[3]　彭金騰[2]　陳美杏[2,4]

摘　要

陳錦桐、簡宣裕、彭金騰、陳美杏。2005。杏鮑菇栽培基質再利用之研究。台灣農業研究 54:235-244。

將杏鮑菇採收一週期後之廢木屑，按新廢木屑鮮重比不同比例混合裝瓶，經高溫滅菌並冷卻後，分別接種杏鮑菇[*Pleurotus eryngii* (DC.：Fr.) Quěl.] B011 與 B012 二個商業化品系，在 18.5-21.5℃培養三十五天後，比較各處理的出菇產量，生物效率，產菇效率及出菇早晚等特性。結果發現僅栽培過杏鮑菇一次之廢基質仍含有 75%以上乾物質，在比較廢基質與新木屑和以不同比例混合新廢木屑之基質，在杏鮑菇產量、生物與產菇效率上，發現與每瓶所含乾物質量之高低及添加營養之乾重比具有明顯相關性。同時在出菇特性方面，發現完全以廢基質作為栽培基質取代新木屑，其完成採收所需時間較以新木屑栽培者短，若完全用廢基質為栽培基質取代新木屑可節省近 40%的栽培材料成本，顯示廢基質具有再次利用之商業價值，且產量與以新木屑栽培者相近，本項研究結果有助於菇農降低生產成本，值得進一步研究與推展。

關鍵詞：杏鮑菇、基質再利用、產菇效率。

前　言

杏鮑菇 [*Pleurotus eryngii* (DC.：Fr.)Quěl.]為蠔菇屬的一種白腐真菌，具有強大分解木質纖維素的能力 (Victor *et al*. 2001)。其可以稻草或麥桿等栽培 (彭 1996)，但是主要商業化栽培仍以木屑為主，其中以軟木類闊葉樹種如山黃麻 [*Trema orientalis* (Linn.) Bume]、楠木 (*Machilus kusanoi* Hay)之木屑為較佳之栽培材料 (彭 1997)。杏鮑菇的風味、質地及烹煮特性深受消費者喜愛，被譽為蠔菇類的極品 (Singer 1987)。在台灣因杏鮑菇栽培之投資成本高，技術密集，菇農數目增加較為緩慢，鮮菇供應量無法迅速增加，菇價仍能維持較高水準。目前國內之栽培主要以聚丙烯塑膠瓶和太空包兩種方式為主，年產量達二千公噸以上。瓶栽生產以採收一個周期為主，原因在於第二周期的產量和菇體品質均不如第一周期，出菇時間延長，對栽培成本較不利 (彭 1997)。由於栽培出菇一次後的廢基質營養份仍然很高，如蠔菇栽培後之基質仍具有高量的氮磷鉀成分 (Danny *et al*. 2004)，若直接丟棄，甚為可惜。因此，許多菇類栽培後之廢棄基質被研發作為有機肥料 (林 & 莊 1993；黃 1991；張等 1997；

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2243 號。接受日期：94 年 10 月 28 日
2. 本所植病組助理研究員、前研究員、助理研究員。臺灣　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所農化組副研究員。臺灣　臺中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：cmhs@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23338162。

簡 & 莊 1997；Chong *et al*. 1991，1994；Lohr *et al*. 1984)，或添加其他材料作為抑病介質 (邱 & 黃 1997；王 & 黃 2000)，或者作為栽培其他菇類基質之用，如香菇包之廢棄基質重複利用在蠔菇的生產上 (Royse 1992)。筆者等認為杏鮑菇瓶栽生產僅利用木屑基質一次甚為可惜，因此，本研究主要目的在於嘗試探討杏鮑菇栽培後廢基質可否繼續作為杏鮑菇栽培材料，研究如何改良用過一次的廢基質，才可再充作杏鮑菇的生產基質，祈有效降低菇農的生產成本，並解決新木屑原料逐漸匱乏之問題。

材料與方法

供試杏鮑菇品系

本研究所採用之杏鮑菇[*Pleurotus eryngii* (DC.：Fr.)Quĕl.]品系為農試所植病組菇類研究室育成之新品系 B011 和 B012 (Peng *et al*. 2001)，以馬鈴薯葡萄糖洋菜培養基 (potato dextrose agar, PDA; Difco) 做定期更新培養。

木屑原種之製作

將鋸木屑混合米糠，體積比為 10：1，調整混合基質含水量為 65%左右，裝入四角玻璃瓶中，經高溫高壓 (121℃, 1.2 kg/cm^2)滅菌後，將上述長滿 PDA 培養基斜面之杏鮑菇菌絲塊以移植針移入滅菌過之瓶裝木屑栽培基質，於 25℃定溫培養至菌絲長滿瓶內基質為止，菌絲生長期間不照光。

栽培基質之製作與培養

新木屑與混合新廢木屑為栽培基質篩取新木屑 (新鮮山黃麻木屑加水，經堆積四個月後，期間每個月翻堆一次) 秤濕重，第一桶為新木屑 600 kg，第二桶為新木屑 300 kg 廢基質 [杏鮑菇栽培後之廢基質以自動挖瓶機 (MCQA-11，廣太原，霧峰)取出] 200 kg，分別取樣測定水分含量，新木屑含水量為 71.27%，廢基質含水量為 56.91%，二桶分別添加按乾重比木屑:大麥粉:米糠為 50:35:15 之營養添加物，以碳酸鈣調整 pH 值為 6.5，含水量調整至 65%左右，以自動裝瓶機 (K-50-2，協全，台中) 裝瓶 (1100 mL 聚丙烯塑膠瓶，每瓶含基質濕重約 750 g)、打洞、封蓋，移入電腦自動化程式控制之殺菌釜 (廣太原，霧峰)內滅菌 (121℃, 60 mins)，然後移入冷卻室隔夜冷卻後，以自動接種機 (NIPPON SEIKI N-7000，精機株式會社，日本)接種杏鮑菇 B011 與 B012 二品系之木屑原種，並以輸送帶送至培養室 (18.5-21℃)定溫培養 35 天，菌絲生長期間不照光。

新木屑與混合廢基質之栽培基質篩取新木屑與廢基質，秤取濕重，第一桶為新木屑 300 kg，廢木屑 0 kg，第二桶為新木屑 210 kg，廢基質 70 kg，第三桶為新木屑 150 kg，廢基質 100 kg，第四桶為新木屑 90 kg，廢基質 120 kg，分別取樣測定水分含量，這四桶混合物含水量分別為 70.03%、67.1%、67.33%及 65.21%。再將這四桶分別添加按乾重比木屑:大麥粉:米糠為 50:35:15 之營養添加物，以碳酸鈣調整 pH 值為 6.5，含水量調整至 63%左右，以自動裝瓶機裝瓶、打洞、封蓋，移入電腦自動化程式控制之殺菌釜內滅菌，然後移入冷卻室隔夜冷卻後，以自動接種機接種杏鮑菇 B011 與 B012 二品系之木屑原種，並以輸送帶送至培養室，定溫培養 35 天，菌絲生長期間不照光。

單獨廢基質或新木屑與混合新廢木屑之栽培基質篩取新木屑與廢基質，秤取濕重，第一桶為新木屑 0 kg，廢基質 150 kg，第二桶為新木屑 120 kg，廢基質 90 kg，第三桶為新木屑 120 kg，廢基質 90 kg，第四桶為新木屑 450 kg，廢基質 0 kg，分別取樣測定水分含量，這四桶混合物含水量分別為 51.40%、61.23%、61.50%及 71.78%。再將這四桶分別添加營養添加物按乾重比木屑:大麥粉:米糠，第一桶為 50:35:15，第二桶為 50:35:15，第三桶為 60:20:20 及第四桶為 50:35:15，以碳酸鈣調整 pH 值為 6.5，含水量調整至 63%左右，以自動裝瓶機裝瓶、打洞、封蓋，移入電腦自動化程式控制之殺菌

釜內滅菌，然後移入冷卻室隔夜冷卻後，以自動接種機接種杏鮑菇 B011 品系之木屑原種，並以輸送帶送至培養室，定溫培養 35 天。菌絲生長期間不照光。

刺激出菇之操作及栽培管理

在菌絲長滿塑膠瓶內之栽培基質後，於去皮前先開蓋檢查瓶內基質有無雜菌，並選取無任何雜菌污染之栽培瓶，以自動去皮機 (廣太原，霧峰)做打洞處理 (以鐵棒將栽培瓶口內菌絲層薄膜破壞)，不加蓋，移入出菇室菇架上，出菇室內溫度調整於 16-18℃，利用超音波噴霧器控制濕度於 85-90%，室內二氧化碳濃度控制在 1000 ppm 以下。待菇體發育至菌傘尚未反捲前採收，每瓶只採收一次，採收後之菇體切除其基部附著之木屑，調查各處理之產量及出菇所需天數。新木屑與混合新廢木屑基質為栽培基質之木屑瓶，出菇刺激為四處理 (第一、二桶木屑與杏鮑菇二品系組合)，每處理 12 重複，每重複 3 框，每框 12 個木屑瓶。混合廢基質與新木屑之栽培基質木屑瓶，出菇刺激為 8 處理 (四種鮮重比與二品系組合)，每處理為 10 重複，每重複 2 框，每框 12 個木屑瓶。單獨廢基質或新木屑與混合新廢木屑之栽培基質木屑瓶，出菇刺激為四處理 (四種鮮重比與一品系組合)，每處理為 10 重複，每重複 2 框，每框 12 個木屑瓶。

生物效率與產菇效率之計算：

生物效率 (%)＝採收菇體之鮮重 ÷ 接種時之栽培基質乾重 × 100

產菇效率 (%)＝採收菇體之鮮重 ÷ 去皮後出菇前之栽培基質乾重 × 100

結　果

杏鮑菇栽培基質不同木屑配方的乾物重與接種培養前後水分含量變化

完全以新木屑和混合新廢木屑基質乾物重比為 1:1 比例混合的栽培基質，由接種杏鮑菇菌絲塊後至菌絲長滿，基質的含水量均明顯增加，但完全以新木屑為栽培配方增加的較混合新廢木屑基質為大，而栽培後，前者所損失之水量百分比亦比後者多 (表 1)。這二種栽培基質的乾物重分別為每瓶 229.34 g 與 222.38 g，此杏鮑菇 B011 與 B012 二品系出菇採收後的基質含水量大幅降低至 53.4-55.6%。

杏鮑菇栽培基質不同木屑配方對產量、出菇特性與乾物質損失的影響

以新木屑和新木屑混合廢基質為栽培基質對杏鮑菇 B011 品系在每瓶之產量方面，並無顯著差異，在生物效率上，以新木屑比混合新廢木屑基質高，雖未達顯著標準，但在產菇效率上則差異顯著 (表 2)，對杏鮑菇 B012 品系則以新木屑為基質所栽培之產量顯著高於以混合木屑為基質之產量，但是以混合木屑為栽培基質的產量，每瓶仍具有 177 g，產菇效率高達 91.7%，產菇效率則以新木屑較高可達 99.4% (表 2)；以上兩品系分別以新木屑與混合新廢木屑基質栽培時，雖然新木屑之生物效率均高於混合新廢木屑基質，但未達顯著水準，不過前者產菇效率皆顯著高於後者。就以打洞至第一次採收時間而言，兩品系以新木屑與混合新廢木屑基質栽培，均無顯著性差異，但不論以何種木屑栽培 B012 品系均顯著高於 B011 品系，但完成採收所需時間則恰好相反，即 B011 品系顯著高於 B012 品系。在乾物質損失率方面，新木屑為 16.4-24.6%顯著高於新廢混合木屑基質之 11.4-12.2%。

杏鮑菇栽培基質不同木屑配方的乾物重與接種培養前後水分含量變化

完全以新木屑和混合新廢木屑按鮮重比 3:1、3:2 與 3:4 混合的栽培基質，在接種杏鮑菇菌絲塊後至菌絲長滿，基質的含水量均增加；其中這四種栽培基質的乾物重分別為每瓶 217.46 g、238.21 g、255.37 g 與 253.00 g (表 3)，同時發現每瓶基質乾物重與廢木屑所佔之比例有關。

表 1. 杏鮑菇不同的栽培基質配方與其接種前、出菇前與出菇採收後的基質含水量

Table 1. The formulae of various substrates of *Pleurotus eryngii* and their water contents at inoculation, before and after fruiting [z]

Subs No. [y]	Strain	Sawdust FW(kg) New	Sawdust FW(kg) Spent	Sawdust DW (%)	Barley flour [x] FW (kg)	Barley flour [x] DW (%)	Rice bran [x] FW (kg)	Rice bran [x] DW (%)	Water content (%) at inoculation	Water content (%) before fruiting	Water content (%) after fruiting	Dry weight (g/bottle)
1	B011	600	0	50	137.91	35	58.36	15	64.60	67.73	53.40	229.34
1	B012	600	0	50	137.91	35	58.26	15	64.60	69.93	54.90	229.34
2	B011	300	200	50	124.29	35	52.61	15	65.20	66.20	53.50	222.38
2	B012	300	200	50	124.29	35	52.61	15	62.20	68.00	55.60	222.38

[z] All components of each substrate were uniformly mixed mechanically, filling, capping and inoculation of substrate were conducted by automatic machines. The new sawdust was derived from *Trema orientalis* and had been heaped for 4 months before use and the average water contents of the new sawdust and of its mixture with spent substrate were 71.27% and 68.93%, respectively.

[y] Subs No.1 = new sawdust, Subs No.2 = fresh sawdust mixed with spent substrate in a ratio of 1:1 by dry weight. Each substrate was added with 3.28 and 2.95 kg of calcium carbonate respectively, the first and the second substrate was added with 135.51 and 162.86 kg of tap water respectively.

[x] The average water contents of barley flour and rice bran were 12.5% and 11.4%, respectively. FW=fresh weight; DW=dry weight.

表 2. 不同的栽培基質配方對杏鮑菇 B011 與 B012 品系產量與出菇特性之比較

Table 2. Comparisons of the productivities and fruiting characteristics of two *Pleurotus eryngii* strains B011 and B012, cultivated on two sawdust substrates with bottle cultivation technology [z]

Subs No. [y]	Strain	Yield (g/36 bottles)	Biological efficiency (%)	Production efficiency (%)	Days from holing to 1st harvest	Days for harvesting 90% of total yield	Days from holing to harvesting 90% of total yield	Days for finishing harvest	Dry matter loss %
1	B011	6077.3 c [x] (168.8)*	73.8 b	81.0 c	14.2 b	6.2 a	19.3 b	7.1 a	16.4 b
2	B012	6951.7 a (194.1)	84.4 a	99.4 a	17.3 a	4.0 b	20.3 a	4.7 b	24.6 a
3	B011	5908.8 c (165.3)	70.9 b	73.0 d	14.1 b	6.4 a	19.5 b	7.8 a	11.4 c
4	B012	6366.6 b (177.8)	84.3 a	91.7 b	17.3 a	4.3 b	20.5 a	5.1 b	12.2 c

[z] The formulae of all substrates and their water contents at inoculation, before and after fruiting were shown in Table 1. All plastic bottles with substrate were weighed and recorded both after inoculation and before fruiting.

[y] Each formula of substrate had 12 replicates which were arranged by random, each replicate consisted of 36 bottles(1100 mL).

[x] Duncan's multiple range test, column with the same letter are not significant at 5% level. * = yield per bottle (g/bottle).

杏鮑菇栽培基質不同木屑配方對產量與出菇特性的影響

完全以新木屑和混合新廢木屑按鮮重比 3:1、3:2 與 3:4 混合的栽培基質，經出菇採收後，無論 B011 或 B012 品系，發現完全以新木屑栽培每瓶產量均較其他配方低，且達顯著標準 (表 4)。B011 品系在生物效率表現上，完全以新木屑栽培較其他 3 個配方為高，但與配方 2 無顯著差異，而與配方 3 與 4 則顯著差異。在產菇效率上，B011 品系則以新廢木屑按鮮重 3:1 的最高，達 78.1%，與其他配方均差異顯著，完全用新木屑和配方 3 與 4 則無顯著差異。B012 品系在生物效率表現上，完全以新木屑栽培較其他 3 個配方為高，與新廢木屑按鮮重 3:1 的配方比較並無顯著差異，而與其他 2 個配方則達差異顯著。在產菇效率上，B012 品系以新廢木屑按鮮重比 3:2 之栽培基質最差為 82.4%，顯著低於其他配方，但其他 3 個配方間則無顯著差異，在打洞至開始採收之日數方面，4 個配方間並無顯著

差異，但完成採收所需時間，則配方 3 與 4 較配方 1 與 2 短且差異顯著。無論產量、生物及產菇效率 B012 品系均顯著較 B011 品系為高，但其出菇至採收所需時間較 B011 品系長。在總產量 90%採收日數上，B012 品系均較 B011 品系短，且達顯著差異。在完成採收時間上 B012 品系均較 B011 品系短，其中配方 1 及配方 3 與 4 均達顯著差異 (表 4)。

單用新木屑或廢基質和不同比例營養添加物之栽培基質乾物重與接種前後水分含量變化

完全以新木屑或廢基質和混合新廢木屑按鮮重比 4:3 (營養添加物比例為基質乾物重 35%之大麥粉與 15%米糠)與新廢木屑按鮮重比 4:3 (營養添加物比例為基質乾物重 20%大麥粉與 20%米糠)這四種配方的栽培基質，在接種杏鮑菇菌絲後至菌絲長滿，基質的含水量均增加，其中以完全新木屑之配方增加最多，而完全以廢基質之配方增加最少，而這四種栽培基質的乾物重分別為每瓶 255.69 g、237.51 g、239.65 g 與 223.36 g (表 5)。

單用新木屑或廢基質和不同比例營養添加物栽培杏鮑菇對產量與出菇特性的影響

進一步探討完全以新木屑，或廢基質和混合新廢木屑按鮮重比 4:3，改變部分培養配方 (大麥粉與米糠之比例)的試驗中，比較表 5 的配方其中具有相同營養添加物比例為基質乾物重 35%之大麥粉與 15%米糠的配方 1、2 與 4 時，發現廢基質因質地較密而軟，配方 1 每瓶所裝填之乾物重比配方 2 與 4 為高，而其每瓶產量也顯著高於其他二種配方，雖然每瓶產量有顯著差異，但其生物與產菇效率之差異並不顯著 (表 6)。在打洞至開始採收之日數方面，4 個配方間均無顯著差異，但完成採收所需時間則以完全採用廢基質者最少。比較表 5 的配方 2 與 3 時，營養添加物達乾物重 50%之配方 2 之產量與生物效率高於配方 3 (營養添加物達乾物重 40%)，即使其每瓶裝填基質乾重差異甚小。

表 3. 杏鮑菇栽培基質不同木屑配方的乾物重與其接種培養前後水分含量變化

Table 3. The formulae of various substrates of *Pleurotus eryngii* and their water contents at inoculation and before fruiting [z]

Subs No. [y]	Strain	Sawdust FW (kg) New	Sawdust FW (kg) Spent	Sawdust DW (%)	Barley flour [x] FW (kg)	Barley flour [x] DW (%)	Rice bran [x] FW (kg)	Rice bran [x] DW (%)	Water content (%) at inoculation	Water content (%) before fruiting	Dry weight (g/bottle)
1	B011	300	0	50	71.93	35	30.44	15	63.83	64.03	217.46
1	B012	300	0	50	71.93	35	30.44	15	63.83	64.00	217.46
2	B011	210	70	50	73.69	35	27.64	15	62.27	65.20	238.21
2	B012	210	70	50	73.69	35	27.64	15	62.27	63.73	238.21
3	B011	150	100	50	65.54	35	27.74	15	61.33	63.26	255.37
3	B012	150	100	50	65.54	35	27.74	15	61.33	63.33	255.37
4	B011	90	120	50	58.46	35	24.74	15	61.33	63.73	253.00
4	B012	90	120	50	58.46	35	24.74	15	61.33	63.90	253.00

[z] All components of each substrate were uniformly mixed mechanically, filling, capping and inoculation of substrate were conducted by automatic machines. The water contents of the new sawdust (No.1) was 70.03% and of its mixtures with spent substrates in substrate No.2, 3 and 4 were 67.1%, 67.33% and 65.21%, respectively.

[y] Substrate No.1 consisted only new sawdust, while the ratios of the new sawdust and the spent substrate by fresh weight in the substrate No. 2, 3 and 4 were 3:1, 3:2 and 3:4 respectively. Each substrate was added with 1.71, 1.75, 1.56 and 2.95 kg of calcium carbonate respectively, and added with 83.63, 120.62, 99.58 and 101.72 kg of tap water, respectively.

[x] The average water contents of barley flour and rice bran were 12.5% and 11.4%, respectively. FW=fresh weight; DW=dry weight.

表 4. 比較四種混合新廢木屑基質栽培杏鮑菇 B011 與 B012 品系之產量與出菇特性
Table 4. Comparisons of the productivities and fruiting characteristics of *Pleurotus eryngii* two strains B011 and B012, cultivated on four sawdust substrates with bottle cultivation technology[z]

Subs No.[y]	Strain	Yield (g/24 bottles)		Biological efficiency (%)	Production efficiency (%)	Days from holing to 1st harvest	Days for harvesting 90% of total yield	Days from holing to harvesting 90% of total yield	Days for finishing harvest
1	B011	3804.0 e [x]	(158.5)*	73.5 d	73.9 d	16.7 c	5.8 a	21.4 a	6.6 a
1	B012	4605.6 c	(191.9)	87.6 a	88.1 a	18.3 a	4.1 b	21.3 a	5.0 bc
2	B011	4116.0 d	(171.5)	72.1 d	78.1 c	16.2 c	6.1 a	20.9 b	5.9 ab
2	B012	4836.0 ab	(201.5)	84.6 ab	88.0 a	18.1 a	3.8 bc	20.8 b	5.0 bc
3	B011	4190.4 d	(174.6)	68.8 e	72.4 d	17.3 b	4.3 b	20.7 b	5.5 b
3	B012	4804.8 b	(200.2)	78.1 c	82.4 b	18.1 a	3.2 cd	20.1 d	3.8 c
4	B011	4135.2 d	(172.3)	68.3 e	72.9 d	16.8 bc	4.6 b	20.4 c	5.5 b
4	B012	5032.2 a	(209.1)	82.3 b	88.5 a	18.3 a	2.8 d	20.2 cd	3.8 c

[z] The formulae of all substrates and the water contents of these substrates at inoculation and before fruiting were shown in Table 3. All plastic bottles with substrate were weighed and recorded both after inoculation and before fruiting.
[y] Each formula of substrate had 10 replicates which were arranged by random, each replicate consisted of 24 bottles(1100mL).
[x] Duncan's multiple range test, column with the same letter are not significant at 5% level. * = yield per bottle (g/bottle).

表 5. 杏鮑菇栽培基質不同配方的乾物重與其接種培養前後水分含量變化
Table 5. The formulae of various substrates of *Pleurotus eryngii* strain B011 and their water contents at inoculation and before fruiting [z]

Subs No.[y]	Sawdust FW (kg) New	Sawdust FW (kg) Spent	Sawdust DW (%)	Barley flour [x] FW (kg)	Barley flour [x] DW (%)	Rice bran [x] FW (kg)	Rice bran [x] DW (%)	Water content (%) at inoculation	Water content (%) before fruiting	Dry weight (g/bottle)
1	0	150	50	58.32	35	21.87	15	62.33	62.90	255.69
2	120	90	50	65.13	35	27.57	15	62.27	63.23	237.51
3	120	90	60	30.80	20	30.42	20	60.87	63.03	239.65
4	450	0	50	101.59	35	43.00	15	60.96	63.17	223.36

[z] All components of each substrate were uniformly mixed mechanically, filling, capping and inoculation of substrate were conducted by automatic machines. The water contents of the new sawdust substrate (No.4) was 71.78% and of its mixtures with spent substrates in substrate No.1, 2 and 3 were 51.40%, 61.23% and 61.50%, respectively.
[y] Substrate No.4 and 1 consisted only new sawdust and spent substrate respectively, while the ratios of the new sawdust and the spent substrate by fresh weight in the substrate No. 2 and 4 were 4:3. Each substrate was added with 2.0, 2.5, 2.5 and 2.41 kg of calcium carbonate respectively and added with 161.05, 137.41, 92.99 and 91.84 kg of tap water respectively.
[x] The average water contents of barley flour and rice bran were 12.5% and 11.4%, respectively. FW=fresh weight; DW=dry weight.

討　論

杏鮑菇為蠔菇屬白腐真菌的一種，目前的瓶栽體系，均以採收一周期後即丟棄基質，主要原因在於第二周期的產量僅達第一周期產量之 1/3-3/4，同時採收時間延長和菇體品質一般不如第一周期，造成栽培成本較高 (彭等 2000)。造成第二周期產量降低的原因，可能是經過一週期的栽培出菇，木屑瓶內基質可被利用營養分降低為主要原因，加上木屑基質含水率下降至 50-55%，不利菇菌營養菌絲生長及菌絲細胞內之營養輸送。Zadražil & Brunnert (1981)二氏認為蠔菇栽培基質的含水率在 65-70%對出菇產量最佳，降至 55%或以下時，生物效率會下降 25-30%。因此，基質含水率過低，導致營養

輸送困難，也可能是第二週期產量下降原因之一。Dinaxia 等 (2001)發現栽培基質較酸時會抑制蠔菇的菌絲生長。經調查杏鮑菇栽培木屑瓶的酸鹼值由接種前為 pH 6.5，在採收第一週期結束後下降至 pH 5.3，顯示栽培出菇過程產生酸性物質，可能也是不利菇菌的第二週期出菇原因之一。

Royse 氏 (1992)提出香菇木屑包，經生物效率達 78%的出菇採收後，其木屑基質纖維總量中仍有 85%半纖維素、44%的纖維素與 77%的木質素含量，經再次利用栽培秀珍菇，結果得到秀珍菇生物效率達 79%的之高產量，而 Obodai 等氏 (2003)也提出蠔菇的產量與木屑基質的乾物質 (纖維素、木質素等)含量正相關。本研究發現經過一周期的採收後之栽培木屑瓶的基質乾物質損失率僅 16.4-24.6% (表 2)，仍含有 75.0%以上的乾物質。

在表 2 結果顯示，以每瓶產量而言，對 B011 品系完全採用新木屑與採用新廢混合木屑作栽培基質並無顯著差異，但比較生物效率與產菇效率時，新木屑比混合木屑高，且產菇效率之差異顯著，對照栽培後乾物質之損失率，新木屑明顯高於混合木屑，而以接種時之含水量換算菌絲培養期間之乾物質損失，也是新木屑較新廢混合木屑為高，此結果顯示在本試驗條件下，新木屑基質可能含有較高可被分解利用之營養，對實際商業化栽培 B011 品系而言，採用新廢混合木屑，在每瓶產量及出菇早晚與採收完成時間上與完全採用新木屑，並無明顯差異，雖然在生物與產菇效率方面有差異，但不影響菇農收益，卻能降低部分栽培原料成本。對 B012 品系比較採用新木屑基質與新廢混合木屑基質時，無論在每瓶產量及產菇效率上，前者均較後者高，且差異顯著，其原因與 B011 品系相同，而生物效率則差異不顯著，此可能因為接種前基質含水量採任選 6 瓶之水分含量平均值及接種前每瓶基質平均乾重作為生物效率計算基礎，而產菇效率是採用菌種培養結束出菇前之基質含水量平均值及基質實際重量為計算基礎，使得後者較前者有較高的準確性。無論採用新木屑或新廢混合木屑，在本研究條件下 B012 品系在每瓶平均產量、生物與產菇效率方面，均較 B011 品系為高且差異顯著，但在打洞至出菇所需時間方面，則 B012 品系多於 B011 品系且差異顯著，不過採收總產量 90%及完成採收所需日數則 B012 品系顯著小於 B011 品系，因此，不同杏鮑菇品系間確有不同表現。

在比較四種不同新廢木屑基質配方之栽培結果 (表 4)，無論 B011 與 B012 品系以完全採用新木屑之配方 1 產量最差，與其他 3 個配方均有顯著差異，此結果與第一次試驗 (表 2)明顯不同，其主要原因為第一次試驗時，由於材料裝填機械設備之調整與水量之添加使兩配方之每瓶基質含水量與基質乾重甚為接近，而本試驗因裝填機械設備未經特別調整，使得有些配方之含水量與每瓶基質乾重有明顯差異 (表 1 與表 3)，而這種差異有可能因新廢木屑基質混合比例不同及木屑顆粒體積或質地密實度不同，以及所添加水量之不同，導致每瓶可裝入之基質乾重或營養添加物量有所不同，配方 1 完全採用新木屑，所填裝每瓶基質乾物重明顯低於其他 3 個配方，為此每瓶產量最低之原因，顯然與木屑之新或廢無顯著關聯。隨著所添加廢基質之比例增加，每瓶基質總乾重量增加，而含水量則減少。雖然本試驗未測定廢基質含水量，但栽培後廢基質，只要先前出菇正常，其含水量都明顯低於接種時含水量，因而新廢木屑基質混合後，若水分補充不足則基質含水量會較低。每瓶基質乾物重增加後，產量隨之增加，當新廢木屑基質鮮重混合比達 3:1 後，無論 B011 或 B012 品系若增加廢基質量，雖然每瓶產量並不會明顯增加，但增加廢木屑基質量，卻可降低新木屑使用量，因而降低生產成本。此外，在本試驗填加廢木屑基質或增加廢木屑基質填加量對打洞至第一次採收所需時間並無影響，對完成採收所需時間卻有減少之效果。

由表 3 與表 5 可知單獨使用新木屑或新木屑含量高的配方基質，即使所填加之營養添加物之乾重比相同，因新木屑顆粒體積較大，質地較硬，受擠壓後之彈性較高，材料裝填設備未經特別之調整每瓶可填裝之基質乾重將較低，所含的營養添加物如米糠或大麥粉也比較少，而廢基質之木屑顆粒較小，質地較軟，受擠壓後之彈性較低，每瓶可裝填之基質乾重較大，所含的營養添加物也較多，此應

是表 4 與表 6 中單獨使用新木屑或新木屑含量高之配方基質之每瓶產量較單獨使用廢基質或廢基質含量較高之配方基質為低之主要原因。至於生物效率與產菇效率之計算，分別是鮮菇重除以接種時及培養結束出菇前基質乾重所得之百分比，生物效率或產菇效率高，固然是好，但並非每瓶產量即高。在商業栽培上，為獲得更高收益及栽培設施最大利用效率，除應注意基質之生物效率與產菇效率外，也要考慮每瓶之最適產量，欲達到此目的除應有各種營養之適當添加物乾物重比例外，每瓶所裝填之乾物重與營養添加量及含水量也應適量，新木屑及廢基質含量之比例，以達到最經濟有效之產能及降低成本為最高原則。當然如能提高廢基質之添加比例，又能符合以上原則，即能降低生產成本，提高經營效率。

本研究顯示以杏鮑菇栽培後之廢基質 (僅採收一次)，完全或部分取代新木屑，經填加適量營養添加物所調製之栽培基質，可獲得與完全採用新木屑所調製之栽培基質相近或更高之產量，而且對打洞至刺激出菇開始採收所需時間及採收完成所需時間並無顯著影響，甚至對於採收完成所需時間有縮短之效果。對於培養栽培期間短之生產方式，雖然不同杏鮑菇品系間對木屑分解利用效率有些微差異，但杏鮑菇之營養主要來自所填加之營養添加物而非木屑 (Peng *et al*. 2000)。在相同的新廢混合木屑(4:3)而在營養添加物為基質乾重 50%之配方 2 與添加物為基質乾物重 40%之配方 3 (表 5)，兩配方每瓶乾物重量相差微小，甚至配方 3 比配方 2 為重，但每瓶產量，配方 2 卻比配方 3 多，且達顯著差異，此結果顯然為營養添加物總含量不同所致。因此，使用杏鮑菇栽培採收 1 次後之廢基質，完全或部分取代新木屑，只要廢基質處理得當，不要產生有機酸或不要受雜菌或病原菌及其他有害動物污染，用以栽培杏鮑菇，以目前的瓶栽模式計算，若全部以廢基質為栽培主要基質，可降低達近 40%第二次栽培材料成本 (表 7)，還能提高每瓶產量，增加收益，降低對新木屑之依賴，這對台灣杏鮑菇產業，降低生產成本，提高競爭力有極大的幫助，至於廢基質能連續使用多少次，則尚需更進一步之研究。

表 6. 比較不同栽培基質配方對杏鮑菇 B011 品系的產量與出菇特性
Table 6. Comparisons of the productivity and fruiting characteristics of *Pleurotus eryngii* strain B011, cultivated on four sawdust substrates with bottle cultivation technology [z]

Subs No.[y]	Yield (g/24 bottles)	Biological efficiency (%)	Production efficiency (%)	Days from holing to 1st harvest	Days for harvesting 90% of total yield	Days from holing to harvesting 90% of total yield	Days for finishing harvest
1	4226.6 a [x] (176.1)*	67.6 a	70.6 ab	17.4 a	3.8 a	20.0 a	3.9 b
2	4122.2 b (171.8)	67.6 a	69.3 b	17.0 a	4.1 a	20.5 a	5.0 ab
3	3755.5 c (156.5)	65.4 b	69.2 b	17.4 a	4.0 a	20.5 a	5.4 a
4	3643.4 d (151.8)	68.0 a	72.1 a	17.4 a	4.1 a	20.3 a	5.1 ab

[z] The formulae of all substrates and the water contents of these substrates at inoculation and before fruiting were shown in Table 5. All plastic bottles with substrate were weighed and recorded both after inoculation and before fruiting.
[y] Each formula of substrate had 10 replicates which were arranged by random, each replicate consisted of 24 bottles(1100mL).
[x] Duncan's multiple range test, column with the same letter are not significant at 5% level. * = yield per bottle (g/bottle).

表 7. 杏鮑菇栽培基質配方的材料成本分析
Table 7. Cost of each component of the raw materials for preparation of three substrates for *Pleurotus eryngii*

Source No.	New sawdust		Barley bran		Rice bran		Total	Cost of	Rate of sawdust cost on
	FW (kg)	Price [z]	FW (kg)	Price	FW (kg)	Price	bottles	each bottle	the total raw materials (%)
1	600.0	2.0	137.9	11.0	58.4	6.0	1500.0	2.0	39.1
2	300.0	2.1	71.9	10.5	30.4	7.3	768.0	2.1	39.0
3	450.0	2.2	101.6	11.0	43.0	6.0	1284.0	1.8	41.9

[z] The price unit is a new Taiwan dollar.

引用文獻

王佩瑾、黃振文。2000。香菇太空包堆肥抑制胡瓜猝倒病發生的特性。植病會刊 9:137-144。

林天枝、莊衫行。1993。香菇栽培之太空包廢渣在番茄生產利用之研究。台中區農業改良場彙報 40:37-44。

邱安隆、黃振文。1997。農工廢棄物堆肥培育蔬菜幼苗與抑制菜苗根部病害的效果。植物病理學會刊 6:67-72。

張明輝、向為民、簡宣裕、黃維廷。1997。廢棄菇類木屑堆肥應用於洋香瓜育苗基質之評估。中華農業研究 46:60-69。

彭金騰。1996。杏鮑菇稻草栽培之研究。中華農業研究 45:381-387。

彭金騰。1997。不同樹種來源單獨與混合木屑對杏鮑菇瓶栽生產之影響。中華農業研究 46:51-59。

彭金騰、李建民、蔡英芳。2000。不同有機添加物對杏鮑菇自動化生產影響之研究。中華農業研究 49:56-64。

黃淑汝。1991。金針菇堆肥對園藝作物生長之研究。國立中興大學碩士論文。86 pp.

簡宣裕、莊作權。1997。廢棄香菇木屑堆肥研製及對小白菜之肥效。中華農業研究 46:70-81。

Chong, C., R. A. Cline, D. L. Rinker, and O. B. Allen. 1991. Growth and mineral nutrient status of containerized woody species in media amended with spent mushroom compost. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 116:242-247.

Chong, C., R. A. Cline, and D. L. Rinker. 1994. Bark- and peat-amended spent mushroom compost containerized culture of shrubs. HortScience 29:781-784.

Danny, L. R., Zeri, and S. W. Kang. 2004. Recycling of Spent Oyster Mushroom Substrate. Mushroom Growers' Handbook 1 part II. Oyster Mushrooms. MushWorld 275 pp.

Dinaxia, W., A. Sakoda, and M. Suzuki. 2001. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. Bioresou. Technol. 78:293-300.

Lohr, V. I., S. H. I. Wang, and J. D. Wolt. 1984. Physical and chemical characteristics of fresh and aged spent mushroom compost. HortScience 19:681-683.

Obodal, M., J. C. Okine, and K. A. Vowotor. 2003. Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic by-products. J. Industrial Microbiol. Biotechnol. 30:146-149.

Peng, J. T., C. M. Lee, and Y. F. Tsai. 2000. Effect of rice bran on the production of different king oyster mushroom strains during bottle cultivation. J. Agric. Res. China 49:60-67.

Peng, J. T., M. C. Dai., Y. F. Tsai., M. H. Chen, and J. T. Chen. 2001. Selection and breeding of king oyster mushroom. J. Agric. Res. China 50:43-58.

Royse, D. J. 1992. Recycling of spent shiitake substrate for production of the oyster mushroom, *Pleurotus sajor-caju*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 38:179-182.

Singer, R. 1987. The Agaricales in Modern Taxonomy. J. Cramer. 4th ed. 981pp.

Victor, G. T., A. T. Martinez, M. J. Martinez., and F. Guillen. 2001. Oxidation of hydroquinones by the versatile ligninolytic peroxidase from *Pleurotus eryngii* H_2O_2 generation and the influence of Mn^2. Eur. J. Biochem. 268:4787-4793.

Zadražil, F. and F. Brunnert. 1981. Investigation of physical parameters important for the solid state fermentation of straw by white rot fungi. Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 11:183-188.

Recycling Application of Spent King Oyster Mushroom Substrate for Production of *Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quĕl.[1]

Jin-Tong Chen[2], Shiuan-Yuh Chien[3], Jin-Torng Peng[2] and Meei-Hsing Chen[2,4]

Summary

Chen, J. T., S. Y. Chien, J. T. Peng, and M. H. Chen. 2005. Recycling application of spent king oyster mushroom substrate for production of *Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quĕl. J. Taiwan Agric. Res. 54:235-244.

Spent substrate of king oyster mushroom after harvesting first flush, mixed with new sawdust in various ratios by fresh weight, were used as the substrate for cultivating *Pleurotus eyngii*. Each substrate was filled into 1,100 mL polypropane plastic bottles with an automatically filling machine (including filling, pressing, holing and capping), then sterilized at 121℃ for one hour. After cooling down, they were inoculated with *P. eryngii* commercial strains B011 and B012, respectively. The inoculated substrates were incubated at 18.5-21.5℃ for 35 days, then moved to a cropping room. Productivities and fruiting characteristics of the two mushroom strains cultivated in various substrates were compared. The spent substrate mixed with new sawdust or used alone as the raw material for preparation of the substrate for cultivating *P. eryngii* showed a high potential for producing the same mushroom yield as the substrate consisting of all new sawdust. These indicated that the spent substrate of king oyster mushroom had a high potentiality to be reused for commercial cultivation of the mushroom.

Key words: *Pleurotus eryngii*, Recycling application of spent mushroom substrate, Productivity.

---

1. Contribution No.2243 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: October 28, 2005.
2. Respectively, Assistant Researcher, Former Senior Plant Pathologist, and Assistant Researcher, Plant Pathology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Associate Researcher, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: cmhs@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23303816.

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:245~256 (2005)

櫻花種原評估及其親緣關係之研究 [1]

溫英杰[2,4] 張靜誼[3]

摘　要

溫英杰、張靜誼。2005。櫻花種原評估及其親緣關係之研究。台灣農業研究 54:245-256。

台灣山櫻 (*Prunus companulata* Maxim.)花色艷麗，為低需冷性櫻花與櫻桃育種的重要親本，台灣植物誌中只有緋紅色花、花朵懸垂鐘狀漏斗型之記載。本研究蒐集到花瓣白色、不同程度的紅色及粉紅色，花瓣閉合程度不同，花朵不具典型懸垂特性以及大果、果實較不澀等品系。利用 RAPD 分析 29 個櫻花品種進行遺傳相似度分析，由 300 條隨機引子中篩選出 11 條引子共擴增 147 條條帶，其中多態性條帶有 121 條占 82.3%。群集分析結果顯示，29 個試驗品系可分為四群，遺傳相似度係數介於 0.13-0.93 之間，重瓣山櫻 2 和 3 無法區分，顯示兩者可能為同一品系之無性繁殖植株，二者與重瓣山櫻 4 的遺傳相似度係數為 0.9，為試驗品種中親緣關係最接近者。蘭嶼野櫻(*Prunus grisea* Kalkm)與其他品種的遺傳相似度係數僅為 0.13，顯示其與其他品種的親緣關係最遠。

關鍵詞：櫻花、種原評估、逢機增殖多型性 DNA。

前　言

櫻花屬薔薇科 (*Rosacase*)李屬 (*Prunus*)的落葉喬木，主要作為觀賞花木之用。李屬 (*Prunus*)是個大屬，包括桃、李、梅、杏、櫻桃等重要果樹，這些果樹果實大小和形狀差異很大，但花的構造基本上一致，因此歸為同屬。有些植物分類學者認為，這些果樹在芽的排列、花序、果實、核等均有差異，主張分為桃屬 *Amygaalus*，杏屬 *Armeniaca*，李屬 *Prunus*，櫻桃屬 *Cerasus*，稠李屬 *Padus* 等五屬 (俞 1979)，在此一分類法下櫻花則歸於櫻桃屬 *Cerasus*，由於並非所有分類學家皆支持此一分類方式，本文仍採用傳統分類方式將櫻花歸於李屬 *Prunus*。

台灣是多種櫻花的起源地，台灣山櫻 (*Prunus companulata* Maxim.)是世界上需冷性最少、花色最為濃艷的櫻花品種，花朵濃紅色、單瓣、吊鐘型，花冠筒中含蜜汁，果實成熟時呈艷紅色，是訪花昆蟲及鳥類的重要食物來源，對環境、土壤的適應性強，從平地到海拔 3000 m 的高山都可以生長的很好，為台灣春季重要觀賞樹木。霧社櫻 (*Prunus taiwaniana* Hayata.)是台灣特產的櫻花，花朵單辦、白色，2-6 朵簇生，花萼筒膨大成圓形為其明顯特徵，樹形高大、枝條軟而細長，冬季休眠時所需低

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2244 號。接受日期：94 年 12 月 6 日。
2. 本所作物種原組副研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 本所作物種原組研究助理。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：icwen@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23331673。

溫時數較高，自然分布地點在台灣的中、高海拔地區。阿里山山櫻 (*Prunus transarisanesis* Hayata.)也是台灣特有的櫻花，分布於本省的高海拔地區，花朵中大、粉白色、2-3 朵叢生，小花梗較長是其特徵。這些台灣原生櫻花在自然的演化中，發展出豐富的類型，例如台灣山櫻的花色有白色、粉紅、濃紅，花型有單辦、複辦和重辦，花瓣的寬窄也產生了變化；阿里山山櫻的花色也有白色、粉白及粉紅的變化，這些變化同時也帶來傳統分類上的困擾。因此同一種櫻花在不同地方可能有不同名稱，而同名的櫻花可能包含數個品種，此一情況對引種、種原保存及評估都會產生困擾。RAPD 是根據 DNA 聚合酵素連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR)，利用人工隨機合成的 DNA 分子作引子 (primer)，將取自組織中的基因組 DNA 為模板，經過 PCR 反應器，進行 DNA 片段的隨機合成 (Williams *et al.* 1990)。如果引子與某一片段的模板 DNA 具有互補核苷酸序列，則該引子就會結合到單鏈的 DNA 上去，因此可以對整個基因組 DNA 進行多型性分析，用以建立特定基因標誌，或供種和品種的演化、分類和鑑定等。利用一系列引子進行 PCR 反應，能獲得不同長度的 DNA 片段，這些 DNA 片段可作為鑑定不同分類等級的分子性狀，根據電泳譜條帶的差異，可以計算遺傳距離或相似系數，建立譜系關係樹狀圖，用來鑑別它們的差異程度及親緣關係。

由於不同的分子標記可以在不同的類群中產生獨特的條帶，或者得到種或種以上分類等級特異性的條帶，沒有傳統分類法易受環境及季節影響的缺點，因此 DNA 分子標記用於種級的分類研究有越來越多的趨勢，國內利用此一技術來鑑定種原親緣關係的作物有百合 (李 1997)、花生 (范等 1999)、番椒 (王等 1997；林 1998)、火鶴花 (王等 2001)及白鶴芋 (柯等 2003)等。國內利用 RAPD 技術來鑑定果樹種原親緣關係，見諸報導的有桃 (溫等 2003)、李 (溫等 2004)及桶柑 (翁等 2003)，其它國家則有許多報導。Lanham & Brennan (2001)曾對樹莓三個種的 37 個個體進行 RAPD 分類，在品種、品系間已進行分類鑑定的有蘋果 (Harada *et al.* 1993；Koller *et al.* 1993)、梨 (Botta *et al.* 1998；Oliveira *et al.* 1999)、桃 (楊等 2001；程等 2001；Chaparro *et al.* 1994；Quarta *et al.* 2000；Warburton & Bliss 1996)、李 (Bellini *et al.* 1998)、柿 (羅等 1998)、栗 (Botta *et al.* 1999)、杏 (吳等 2003)、仁用杏 (Bartolozzi *et al.* 1998)、芒果 (鄧等 1999；Schnell *et al.* 1995)、枇杷 (潘等 2002)、荔枝 (Anuntalabhochai *et al.* 2002)、葡萄 (Fanizza *et al.* 1999；Moreno *et al.* 1995；Qu *et al.* 1996)、胡桃 (Nicese *et al.* 1998)、木瓜 (Sondur *et al.* 1996；Stiles *et al.* 1993)、香蕉 (Damasco *et al.* 1996)、橄欖 (Wiesman *et al.* 1998)、酪梨 (Fielder *et al.* 1998)、阿月渾子 (譚等 2003)，此說明 RAPD 技術已在許多種果樹上得到廣泛的應用。

農業試驗所羅娜種原保存園收集及保存櫻花種原超過 35 種，其中包括由其他國家引入的櫻花種原與本省的櫻花品種，彼此之間的親緣關係有待查明，以作為品種改良及種原核心保存之參考。

材料與方法

植物材料

試驗所用材料由定植於南投縣信義鄉海拔 850 m 之羅娜種原保存園保存之種原及霧社、阿里山、梨山、六龜、豐原、新社等地選取之試驗材料，羅娜種原保存園保存之種原嫁接於台灣山櫻實生砧，10 年生，其餘材料推估為 12-30 年生，其名稱及來源詳如表 1。

種原特性調查

調查項目包括：開花日期、花朵形態〈單或複瓣〉、形狀、顏色及香味、果實顏色及食味〈甜或具澀味〉等。調查標準如下：開花日期：全株約有 50%的花朵開花。

表 1. 試驗所用櫻花品種名稱及來源
Table 1. The original and name of 29 flowering cherry cultivars used in this study

No.	Cultivar name	Scientific name	Locate of material	Country of origin
1	Wu-sheh Ying 1 霧社櫻 1	*Prunus taiwaniana* Hayata	Wu-sheh	Taiwan
2	Wu-sheh Ying 2 霧社櫻 2	*Prunus taiwaniana* Hayata	Wu-sheh	Taiwan
3	Wu-sheh Ying 3 霧社櫻 3	*Prunus taiwaniana* Hayata	Wu-sheh	Taiwan
4	Wu-sheh Ying 4 霧社櫻 4	*Prunus taiwaniana* Hayata	Wu-lin	Taiwan
5	Wu-sheh Ying 5 霧社櫻 5	*Prunus taiwaniana* Hayata	Wu-lin	Taiwan
6	Wu-sheh Ying 6 霧社櫻 6	*Prunus taiwaniana* Hayata	Wu-lin	Taiwan
7	Ryukyu Ying 1 琉球櫻 1	*Prunus campanulata* cv. Ryukyu-hizakura	A-li-shan	Japan
8	Ryukyu Ying 2 琉球櫻 2	Prunus campanulata cv. Ryukyu-hizakura	Wu-lin	Japan
9	Jyi-yee Ying 吉野櫻	*Prunus x yedoensis* cv. Yedoensis	A-li-shan	Japan
10	Da-dao Ying 大島櫻	*Prunus lannesiana* Wilson var. speciosa	A-li-shan	Japan
11	Taa-shan Ying 塔山櫻	*Prunus obtusata* Koehne	A-li-shan	Taiwan
12	Puu-shyan shianq Ying 普賢象櫻	*Prunus lannesiana* cv.Albo-rosea	A-li-shan	Japan
13	Jau-her Ying 昭和櫻	Unknow	Wu-feng	Japan
14	Pink lady	Unknow	Wu-feng	Japan
15	Lan-yeu yee Ying 蘭嶼野櫻	*Prunus grisea* Kalkm	Lan-yeu	Taiwan
16	Taiwan shan Ying 1 台灣山櫻 1(紅)	*Prunus campanulata* Maxim	Wu-sheh	Taiwan
17	Taiwan shan Ying 2 台灣山櫻 2(紅)	*Prunus campanulata* Maxim	A-li-shan	Taiwan
18	Taiwan shan Ying 3 台灣山櫻 3(紅)	*Prunus campanulata* Maxim	Rona	Taiwan
19	Taiwan shan Ying 4 台灣山櫻 4(紅)	*Prunus campanulata* Maxim	Rona	Taiwan
20	Taiwan shan Ying5 台灣山櫻 5(粉紅)	*Prunus campanulata* Maxim	Li-shan	Taiwan
21	Taiwan shan Ying6 台灣山櫻 6(粉紅)	*Prunus campanulata* Maxim	A-li-shan	Taiwan
22	Taiwan shan Ying 7 台灣山櫻 7(紅)	*Prunus campanulata* Maxim	Liow-guei	Taiwan
23	Taiwan shan Ying8 台灣山櫻 8(粉紅)	*Prunus campanulata* Maxim	Liow-guei	Taiwan
24	Bai shan Ying 白山櫻	*Prunus campanulata* Maxim	Ba-ton-gum	Taiwan
25	Chorng bann shan ying 1 重瓣山櫻 1	*Prunus campanulata* Maxim	Feng-yuan	Taiwan
26	Chorng bann shan ying 2 重瓣山櫻 2	*Prunus campanulata* Maxim	Wu-feng	Taiwan
27	Chorng bann shan ying 3 重瓣山櫻 3	*Prunus campanulata* Maxim	Rona	Taiwan
28	Chorng bann shan ying 4 重瓣山櫻 4	*Prunus campanulata* Maxim	Shin-sheh	Taiwan
29	Chorng bann shan ying 5 重瓣山櫻 5	*Prunus campanulata* Maxim	Wu-feng	Taiwan

DNA 之抽取方法

從不同植株採取新鮮的嫩葉 0.1~0.2 g，利用液態氮脫水乾燥，再研磨成粉末。加入 65℃ DNA 萃取緩衝液 [100 mM Tris-HCl, pH8.0; 20 mM EDTA; 1.4M NaCl; 2% (w/v) CTAB; 1% (v/v) PEG6000；0.5% (v/v) 2-Mercaptoethanol] 600 µl，輕輕混勻後，置於 65℃水浴鍋中 30 min，取出靜置至室溫。加入 600 µl chloroform-isoamyl alcohol (24：1，v/v)混勻，以 9,000 rpm (MICRO 240A, Denville Scientific Inc.)離心 10 min。取上層液至新的微量離心管中，加入 400 µl 的異丙醇 (Isopropanol)混勻，再以 9,000 rmp 離心 10 min。去上清液，加入 1 ml 的洗滌緩衝液 (washing buffer) [76% (v/v) ethanol; 10 mM ammonium acetate] 清洗沈澱物，再以 9,000 rmp 離心 10 min。去上清液，沈澱物以真空乾燥之。沈澱物溶於 50 µl TE 緩衝液 (10mM Tris-HCl, pH7.4; 1 mM EDTA)中，加入 RNaseA，使其最後濃度為 50 mg/ml，於 37℃下反應 1 hr。將 DNA 稀釋 100 倍，利用光電比色計測定 OD_{260}的吸光值，計算 DNA 的濃度。

聚合酵素連鎖反應 (Polymerase Chain Reaction, PCR)與電泳分析

以 30 ng 的 genomic DNA 當模板，在反應溶液總體積 30 µl 中進行聚合酵素連鎖反應。其溶液中另含有 10 mM Tris-HCl，pH9.0; 50 mM KCl；0.1% Triton X-100; 2.5 mM $MgCl_2$; 200 mM dNTP (dATP, dCTP, dGTP, dTTP)；0.2 mM 引子 (primer)及 0.5 unit Taq DNA polymerase (Promega, USA.)，引子採用 Operon kit (Operon kit: OPAA-OPAE, OPA-OPJ 共 300 條)，並在溶液上層加入 50 µl 的礦物油，置入 DNA 熱循環儀 (STRATAGENE, RoboCycler Gradient 96 Temperature Cycler) 中。反應溫度條件為 94℃ 3 min→37℃ 1 min 20 sec→72℃ 1 min 20 sec，當第一個循環(cycle)；再以 94℃ 1 min 20 sec→37℃ 1min 20 sec→72℃ 2 min 20 sec，進行 44 個循環，反應完成時自動保存於 4℃恆溫槽中。

取12 µl經聚合酵素連鎖反應增殖的DNA，加入1 µl稀釋6倍電泳指示液 (loading dye, 30% Glycerol; 0.025% Bromophenol blue)，以1.5% 瓊脂膠體 (Agarose, Boehringer Mannheim GmbH Germany)進行電泳，時間約30 min。電泳後以0.5 mg/ml ethidium bromide染色20-30 min，於UV燈下觀察膠體DNA多型性片段，照相及貯存影像於Kodak Digital Science ID Image Analysis (Eastman Kodak Co.)影像分析系統，進行資料比對分析。

資料分析

依 Jaccard (1901)所提之相似度計算公式計算各族群間的相似度，其公式如下：Nab/(Na+Nb-Nab)，其中 Na 是樣本 a 的條帶數，Nb 是樣本 b 的條帶數，Nab 是樣本 a 和 b 共有的條帶數。依此法將所有樣本間兩兩的相似度計算出。

並利用 NT-SYS 軟體所提供的未加權平均法 (unweighted pair group method with arithmetic mean, UPGMA)來計算其放大 DNA 片段相似性並建立其親緣關係圖。

結　　果

種原特性調查

台灣山櫻 (*Prunus campanulata* Maxim)為櫻花品種中冬季休眠需冷量最低者，與桃指標品種如 'Okinawa' (150 chill unit, cu)之開花期相比較 (Sherman *et al.* 1988)，推斷台灣山櫻之低溫需求單位介於 50-100 cu 之間。台灣山櫻花期早、花色艷紅，為早春時節重要觀賞花卉，在台灣一般以實生繁殖，提供搜尋實生變異種原的機會。表 2 列出參試 29 種櫻花種原之開花期、花朵形態、形狀、顏色及香味、果實顏色及食味。開花期早晚與樹體冬季休眠所需之低溫時數有關，台灣山櫻 1 採自霧社，12 月下旬即有 50%花朵綻放，為所有參試櫻花種原中開花最早者，估計低溫需求單位為 50 cu。所調查的台灣山櫻種原不僅在花期產生變化，花型及花色也呈現多樣性。台灣山櫻在台灣植物誌 (黃 1993) 及台灣樹木誌 (劉等 1994) 皆只有緋紅色花、花朵懸垂鐘狀漏斗型之記載，但在多年種原採集中，筆者蒐集到花朵乳白色、不同程度的紅色、粉紅色、花瓣閉合程度不同及花朵不具典型懸垂特性的山櫻花。台灣山櫻 2 的花瓣完全閉鎖不會綻放，花色介於紅色及粉紅色之間；台灣山櫻 3 的花朵較直立，不具典型懸垂特性，萼筒則呈淺杯狀；台灣山櫻 4 的果實約為同種台灣山櫻的 3 倍大；台灣山櫻 5 及 6 為採集自梨山及阿里山的粉紅色台灣山櫻；台灣山櫻 7 採自六龜，果實澀味淡，可作為低需冷性櫻桃育種親本；台灣山櫻 8 亦採自六龜，花瓣粉紅色，較直立，不具典型懸垂特性，萼筒呈淺杯狀。白山櫻採自八通關，在發現粉紅色台灣山櫻時即已懷疑台灣山櫻應有開白色花之植株存在，惜未見諸文獻報導，在粉紅色台灣山櫻棲地附近搜尋多年仍無所獲，最後在八通關尋獲此一單株，補齊台灣山櫻花色遺傳上一個失落的環節。白山櫻雖然採集自高海拔地區，但其嫁接苗在海拔 850 m 的羅娜及 90 m 的霧峰皆能正常生育，且物候期與開紅花的台灣山櫻一致，展現其驚人的適應性，這個特性未見於霧

表 2. 試驗所用櫻花種原特性
Table 2. Tree and fruit characteristics of flowering cherry genotypes used in this study

Cultivar name	Flowering date[z]	Flower type	Flower shape	Flower color	Flower fragrance	Fruit color	Fruit taste
Wu-sheh Ying 1 霧社櫻 1	early Mar.	single	flat	white	none	violet black	bitter sour
Wu-sheh Ying 2 霧社櫻 2	early Mar.	single	flat	white	none	violet black	bitter sour
Wu-sheh Ying 3 霧社櫻 3	early Mar.	single	flat	white	none	violet black	bitter sour
Wu-sheh Ying 4 霧社櫻 4	late Mar.	single	flat	white	none	violet black	bitter sour
Wu-sheh Ying 5 霧社櫻 5	late Mar.	single	flat	white	none	violet black	bitter sour
Wu-sheh Ying 6 霧社櫻 6	late Mar.	single	flat	white	none	violet black	bitter sour
Ryukyu Ying 1 琉球櫻 1	mid. Mar.	single	campanulate	pink	none	violet black	bitter
Ryukyu Ying 2 琉球櫻 2	mid. Mar.	single	campanulate	pink	none	violet black	bitter
Jyi-yee Ying 吉野櫻	mid. Apr.	single	flat	white pink	none	greenish red	bitter sweet
Da-dao Ying 大島櫻	early Apr.	single	flat	white	none	violet black	sour
Taa-shan Ying 塔山櫻	late Mar.	single	flat	white	none	red	bitter sour
Puu-shyan shianq Ying 普賢象櫻	late Apr.	double	flat	pink	none	-----	------
Jau-her Ying 昭和櫻	mid. Apr.	single	flat	pink	none	yellow red	bitter sour
Pink lady	mid. Feb.	single	flat	pink	fragrant	yellow red	sweet sour
Lan-yeu yee Ying 蘭嶼野櫻	mid.Feb.	single	flat	white	none	black	bitter
Taiwan shan Ying 1 台灣山櫻 1(紅)	late Dec.	single	campanulate	deep red	none	violet black	bitter
Taiwan shan Ying 2 台灣山櫻 2(紅)	early Mar.	single	close campanulate	pink-red	none	violet black	bitter
Taiwan shan Ying 3 台灣山櫻 3(紅)	late Jan.	single	shallow cup	deep red	none	violet black	bitter
Taiwan shan Ying4 台灣山櫻 4(紅)	early Feb.	single	campanulate	deep red	none	violet black	bitter
Taiwan shan Ying5 台灣山櫻 5(粉紅)	mid. Mar.	single	campanulate	pink	none	violet black	bitter
Taiwan shan Ying6 台灣山櫻 6(粉紅)	late Mar.	single	campanulate	pink	none	violet black	bitter
Taiwan shan Ying 7 台灣山櫻 7(紅)	late Feb.	single	campanulate	deep red	none	violet black	slightly bitter
Taiwan shan Ying8 台灣山櫻 8(粉紅)	mid. Mar.	single	shallow cup	pink	none	violet black	bitter
Taiwan shan Ying 台灣山櫻(白)	early Feb.	single	campanulate	white	none	yellow	bitter
Chorng bann shan ying1 重瓣山櫻 1	late Feb.	double	campanulate	deep red	none	violet black	bitter
Chorng bann shan ying 2 重瓣山櫻 2	late Feb.	double	campanulate	deep red	none	-----	-----
Chorng bann shan ying3 重瓣山櫻 3	late Feb.	double	campanulate	deep red	none	------	-----
Chorng bann shan ying 4 重瓣山櫻 4	late Feb.	double	campanulate	deep red	none	------	-----
Chorng bann shan ying 5 重瓣山櫻 5	late Feb.	single & double	campanulate	deep red	none	violet black	bitter

[z] 50% of the flower bloosm.

社櫻、阿里山櫻等其他台灣原生櫻花種類及參試之日本櫻花品種，說明了台灣山櫻蘊藏十分豐富的遺傳訊息。重瓣山櫻開花期較單瓣台灣山櫻約晚 1 個月，由於雄蕊花瓣化，花粉極少，大多不結果，重瓣山櫻 1 是個罕見的例子，約 1/3 的花會結果，這個特性使其成為低海拔重瓣櫻花育種上重要的親本。重瓣山櫻 5 的植株同時具有單、複瓣之花朵，會結少量果實，推測其為單辦台灣山櫻演化為重辦台灣山櫻的一個中間品系。

霧社櫻 (*Prunus tawaniana* Hayata)1-3 為採自霧社之不同單株，4-6 為採自武陵之不同單株，小花，萼筒葫蘆型為其霧社櫻之特徵。琉球櫻 (*Prunus campanulata* cv. Ryukyu-hizakura)分別採自梨山及阿里山地區，粉紅色懸垂鐘形花，枝條較台灣山櫻直立。吉野櫻 (*Prunus x yedoensis* cv. Yedoensis)、大島櫻 (*Prunus lannesiana* Wilson var. speciosa)及普賢象櫻 (*Prunus lannesiana* cv. Albo-rosea)採自阿里山地區，為日本普遍栽培的櫻花品種。昭和櫻與 Pink lady 為在低海拔地區生育較佳之日本櫻花品種，原名已不可考，現有名稱為商業上販售之商品名，二者皆開粉紅色單瓣花，都可結實，Pink lady 所結

果實可食用且花具香味，不論在低海拔櫻花或櫻桃育種上，皆為不可多得之親本。塔山櫻 (*Prunus obtusata* Koehne)與蘭嶼野櫻 (*Prunus grisea* Kalkm)為台灣原生櫻花種類，與其他參試品種不同點在於二者皆為穗狀花序。

RAPD 分析

以 Operon kit OPA-OPJ, OPAA-OPAE 共 300 條逢機引子篩選試驗材料，得到 11 個引子(OPA 13, OPG 16, OPH 3, OPH 8, OPH 18, OPI 6, OPAA 1, OPAA 15, OPAB 3, OPAE 10, OPAE 14)對試驗材料之 DNA 可呈現多型性且再現性良好。由此 11 個引子所獲得的 RAPD 產物在電泳膠片上總共產生 147 個可辨識之條帶，其中多型性條帶 121 條，佔 82.3%。每個逢機引子擴增的 DNA 條帶數在 10-16 條之間，條帶大小介於 200 bp 至 1700 bp。整體而言，所篩選的逢機引子以 OPH, OPAA 及 OPAB 三組的擴增效果最好(表 3)。以 OPAA15 引子進行 PCR 反應結果獲得 11 條多型性片段，其中包含可供鑑別蘭嶼野櫻的特殊片段(650 bp)(圖 1 及表 4)。OPH3 引子擴增結果產生 7 條多型性 DNA 片段，其中 850bp 之片段為吉野櫻品種標誌之特定條帶 (圖 2 及表 4)，總計 11 條逢機引子擴增結果共獲得 OPH18 (700), OPG16(1000), OPI6 (1000), OPH18 (420), OPH3 (850), OPH18 (850), OPAA15 (650), OPAE14 (350), OPA13 (1000)等 9 條多型性 DNA 片段，作為琉球櫻、吉野櫻、蘭嶼野櫻等 3 個櫻花品種的鑑別標誌。部分群組或亞群中也篩選出特殊 DNA 片段，如第一群的 H18(700)和 G16(1000)，其中霧社櫻 5 及 6 亞群的 I6(1000)，第三群台灣山櫻 6 及 8 亞群的 A13(1000)(表 4)。

親緣關係分析

將篩選得到的 11 條逢機引子其 RAPD 產物產生之 147 個可辨識之條帶，進行未加權平均法(unweighted pair group method with arithmetic mean, UPGMA)群集分析，並以 Jaccard’s 相似度係數分析，來估算試驗品種間之遺傳相似度係數。再以相似度係數矩陣 (similarity coefficient matrix)繪製相似度樹狀圖 (dendiagram)，相似度係數越高代表親緣關係越近。分析結果 29 個櫻花種原可分為四群：第一群包括霧社櫻 1-6、塔山櫻和吉野櫻，這一群的八個品種 (系)中，除了吉野櫻源自日本外，其餘為台灣原生高海拔櫻花品種，採自霧社及武陵的霧社櫻各自成群，塔山櫻與採自武陵的霧社櫻親緣關係較近。第二群為琉球櫻 1-2、普賢象、pink lady、昭和櫻和大島櫻等六個日本櫻花品種。第三群包括 9 個單瓣台灣山櫻及 5 個重瓣山櫻品系。蘭嶼野櫻自成第四群。第三群為台灣山櫻種內變異，大致

表 3. 11 個 RAPD 引子在櫻花品種上擴增結果
Table 3. Observed polymorphism with 11 primers used for RAPD analysis in 29 flowering cherry cultivars

Primer code	Primer Sequence 5’→3’	No. of polymorphism bands	No. of amplified bands	Band size (bp) Min.	Band size (bp) Max.
OPA 13	CAGCACCCAC	15	16	200	1700
OPG 16	AGCGTCCTCC	9	13	350	1400
OPH 3	AGACGTCCAC	7	11	430	1500
OPH 8	GAAACACCCC	9	11	410	1400
OPH 18	GAATCGGCCA	8	10	390	1600
OPI 6	AAGGCGGCAG	13	15	280	1300
OPAA 1	AGACGGCTCC	14	16	270	1350
OPAA 15	ACGGAAGCCC	11	13	310	1380
OPAB 3	TGGCGCACAC	13	15	390	1500
OPAE 10	CTGAAGCGCA	11	12	310	1450
OPAE 14	GAGAGGCTCC	11	15	350	1650
TOTAL		121	147		

表 **4.** 櫻花品種之特定 RAPD 片段
Table 4. Specific RAPD fragments of flowering cherry cultivars

Cultivar	Primer revealing specific fragments (base pair)
Wu-sheh Ying 1 霧社櫻 1	H18 (700), G16 (1000)
.Wu-sheh Ying 2 霧社櫻 2	H18 (700), G16 (1000)
Wu-sheh Ying 3 霧社櫻 3	H18 (700), G16 (1000)
Wu-sheh Ying 4 霧社櫻 4	H18 (700), G16 (1000)
Wu-sheh Ying 5 霧社櫻 5	H18 (700), G16 (1000), I6 (1000)
Wu-sheh Ying 6 霧社櫻 6	H18 (700), G16 (1000), I6 (1000)
Ryukyu Ying 1 琉球櫻 1	H18 (420)
Ryukyu Ying 2 琉球櫻 2	H18 (420)
Jyi-yee Ying 吉野櫻	H3 (850), H18 (700), G16 (1000)
Taa-shan Ying 塔山櫻	H18 (700), G16 (1000)
Lan-yeu yee Ying 蘭嶼野櫻	H18 (850), AA15 (650), AE14 (350)
Taiwan shan Ying6 台灣山櫻 6 (粉紅)	A13 (1000)
Taiwan shan Ying8 台灣山櫻8 (粉紅)	A13 (1000)

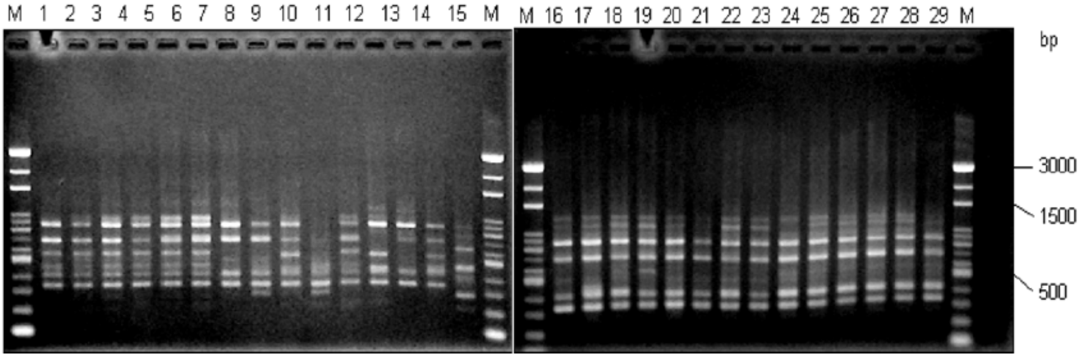

圖 **1.** 以 OPAA15 為引子之 29 個櫻花品種 RAPD 圖譜。(1~29 為櫻花品種代號，詳見表 1。)
Fig. 1. RAPD patterns of 29 flowering cherry cultivars obtained with primers OPAA15. Line numbers at top refer to the number in Table1. M= molecular weight marker.

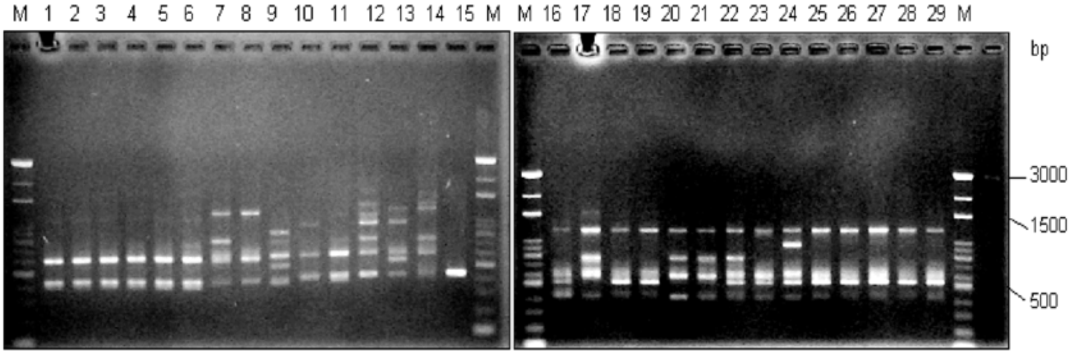

圖 **2.** 以 OPH3 為引子之 29 個櫻花品種 RAPD 圖譜。(1~29 為櫻花品種代號，詳見表 1。)
Fig. 2. RAPD patterns of 29 flowering cherry cultivars obtained with primers OPH3. Line numbers at top refer to the number in Table1. M= molecular weight marker.

上以花色及花瓣數目分為四個亞群，紅花與白花台灣山櫻成一亞群，開粉紅花的品系成一亞群，重瓣山櫻 1-4 成一亞群，單、複瓣花並存的重瓣山櫻 5 自成一亞群 (圖 3)。在所分析的 29 個品種中，遺傳相似度係數介於 0.13-0.93 之間，重瓣山櫻 2 和 3 無法區分，顯示兩者為同一品系。蘭嶼野櫻與其他品種的親緣關係的遺傳相似度係數僅為 0.13，親緣關係最遠。

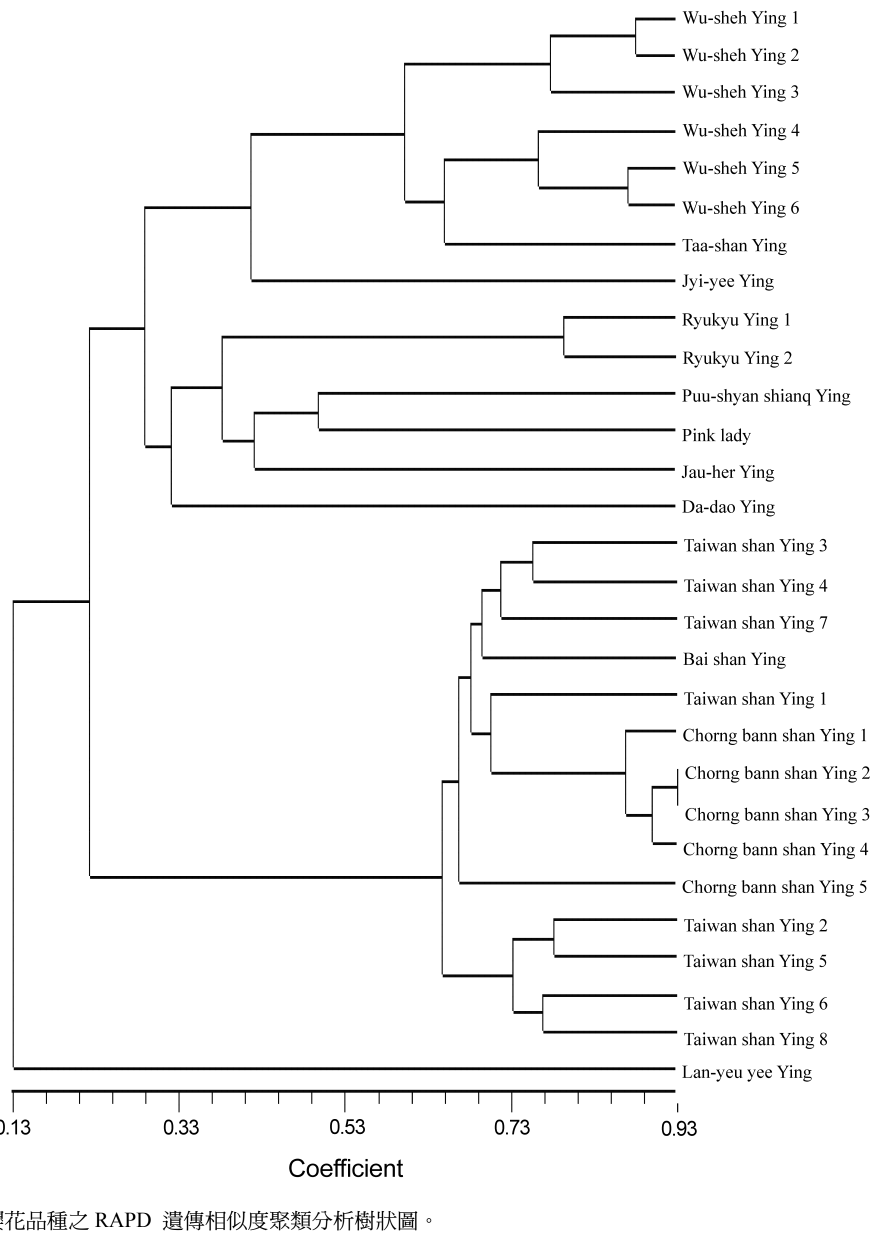

圖 3. 29 個櫻花品種之 RAPD 遺傳相似度聚類分析樹狀圖。

Fig. 3. Dendrogram illustrating genetic relationship among 29 flowering cherry varieties, constructed by Jaccard's distance and UPGMA clustering method from 147 RAPD markers.

討　論

在育成低緯度地區能夠種植，冬季休眠所需低溫時數少的櫻花及櫻桃品種，目前尚無突破性的進展，其原因在於缺乏低需冷 (low-chill)的親本。本研究經過多年的探查，蒐集到乳白色、不同程度的紅色、重瓣、花瓣閉合程度不同及花朵不具典型懸垂特性的台灣山櫻，台灣山櫻又名緋寒櫻，以花色艷紅而得名，廣植於本省中低海拔地區，為台灣重要春季觀賞花木。在本省中部高海拔山區所採集的白花品系便顯得彌足珍貴。此一色系之出現不僅可為台灣的春天增添不少色彩，在遺傳育種上，更是育成新花色如淡紅、粉紅、淡粉之櫻花品系不可或缺的親本。美國佛羅里達大學及澳洲西雪梨大學皆利用台灣山櫻作為育成低需冷性櫻桃之親本 (Byrne *et al.* 2000)，但是台灣山櫻的果實小且澀，無食用價值，育種上需要多次與食用櫻桃回交，才能達成目的，櫻桃的幼年性約 5 年，若需要回交 3 次，育種工作將因過於漫長而無法進行。台灣山櫻 4 的果實約為同種台灣山櫻的 3 倍大，台灣山櫻 7 的果實澀味極淡，這些珍貴的特性，可大大縮短育成低需冷性櫻桃品種所需之年限。

本試驗首次揭明本省櫻花種原之親緣關係，重瓣山櫻有人稱為八重櫻，並謂其源自日本，根據 RAPD 親緣關係分析結果，重瓣山櫻實為台灣山櫻族群裡的一個成員，重瓣山櫻 5 的花單、複瓣皆有，為演化上之佐證。白山櫻在高海拔地區發現，文獻上並無此種花色之記載，在台灣觀光地區所植數十萬株的台灣山櫻實生苗中，亦未見分離出白色者，一度懷疑其為日據時代遺留品種，RAPD 親緣關係分析結果，亦證實其為台灣山櫻族群裡的一個成員。不同地區採集到的霧社櫻在聚類分析圖上各自成群，顯示演化上已有分流趨勢，值得進一步研究兩個族群間之差異。川崎哲也將對日本的櫻花分成七群，吉野櫻屬於江戶彼岸櫻群，本群植物學上的特徵在於花之萼筒披覆細毛，呈葫蘆形，葉之蜜腺在葉身，依據此一分類法，霧社櫻屬於江戶彼岸櫻群 (川崎 1994)。RAPD 親緣關係分析結果支持此一論點，吉野櫻與霧社櫻在聚類分析樹狀圖上歸於一群，顯示親緣關係較近，而與其他源自日本的櫻花，親緣關係反而較遠，整體而言，RAPD 為櫻花種原親緣關係分析上十分有用的技術。利用 RAPD 分析本省桃、李種原之親緣關係，參試 30 個桃種原其遺傳相似度係數介於 0.73-0.93 之間 (溫等 2003)，所分析的 30 個李種原遺傳相似度係數介於 0.32-0.94 之間 (溫等 2004)。本研究在所分析的 29 個櫻花品種 (系)中，遺傳相似度係數介於 0.13-0.93 之間，顯示本省櫻花種原遺傳歧異度較桃、李種原高。

台灣山櫻冬季休眠所需的低溫時數少，為世界上重要的低需冷性櫻花種原基因庫，經過仔細的種原調查、蒐集與特性評估，發現許多品種特性優異，為育成低需冷性櫻花及櫻桃的良好親本。若有計劃進行育種，應可育出具優良品種，為台灣春天增添顏色。

誌　謝

本文部份經費承蒙行政院國科會計畫補助 (計畫編號：94-2313-B-055-006)，謹致謝忱。

引用文獻

王昭月、范明仁、羅舜芳。1997。利用 RAPD 分子標誌估測番椒屬種原歧異性之研究。中華農業研究 46:314-323。

王昭月、莊耿彰、范明仁。2001。以 ISSR 與 RAPD 分子標誌分析火鶴花栽培種間遺傳相似性。中華農業研究 50:54-67。

李文立。1997。台灣原生鐵炮百合及台灣百合形態調查與 RAPD 多型性分析。 國立台灣大學園藝研究所碩士論文。台北。台灣。72 pp.

林政潔。1998。利用型態性狀與 RAPD 標誌在番椒品種鑑別應用之研究。國立中興大學園藝研究所碩士論文。台中。台灣。146 pp.

吳樹敬、陳學森。2003。杏品種的 RAPD 分析。果樹學報 20:107-111。

柯見螢、楊堯文、陳福旗。2003。利用逢機擴大多型性標記探討白鶴芋品種之遺傳變異性。中國園藝 49:45-54。

范明仁、王昭月、羅舜芳、許庭榮、曹文隆、楊金興、鄭耀星。1999。台灣落花生種原親緣關係之研究 II.應用 RAPD 進行落花生種原親緣關係之研究。中華農業研究 48:67-85。

俞德浚。1979。中國果樹分類學。農業出版社。北京。中國。54 pp.

翁儷倩、楊雯如、張龍生、林宗賢。2003。桶柑遺傳歧異性之分析。中國園藝 49:19-32。

程中平、陳志偉、胡春根、鄧秀新、羅正榮。2001。利用 RAPD 標記對桃品種特殊種質分析。果樹學報 18:217-220。

溫英杰、許財誠。2003。利用 RAPD 技術分析桃種原親緣關係。中華農業研究 52:143-151。

溫英杰、劉怡伶。2004。李種原評估及其親緣關係之 RAPD 標誌研究。中華農業研究 53:97-110。

黃增泉。1993。Flora of Taiwan vol. III. Second edition。p.96-104。國家科學委員會。台北。台灣。

劉業經、呂福原、歐辰雄。1994。台灣樹木誌。國立中興大學農學院。台中。台灣。149 pp.

楊新國、張開春、秦嶺、王永熙。2001。桃種質親緣演化關係的 RAPD 分析。果樹學報 18:276-279。

潘新法、孟祥勛、曹廣力、徐春明。2002。RAPD 在枇杷品種鑑定中的應用。果樹學報 19:136-138。

鄧九生、賴至昌、彭民璋。1999。幾個芒果品種的 RAPD 分析。果樹科學 16:156-158。

羅正榮、米森敬三、杉浦明。1998。應用 RAPD 技術研究柿品種間的親緣關係。果樹科學 15:311-316。

譚冬梅、羅淑萍、李疆、韓海濤。2003。阿月渾子性別鑑定的 RAPD 分析。果樹學報 20:124-126。

川崎哲也。1994。日本の櫻。山と溪谷社。東京。日本。383 pp.

Anuntalabhochai, S., R. Chundet, J. Chiangda, and P. Apavatjrut. 2002. Genetic diversity within Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) based on RAPD analysis. Acta Hortic. 575:253-260.

Bartolozzi, F., M. L. Warburton, S. Arulsekar, and T. M. Gradziel. 1998. Genetic characterization and relatedness among California almond cultivars and breeding lines detected by randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 123:381-387.

Bellini, E., E. Giordani, V. Nencetti, and D. Paffetti. 1998. Genetic relationships in Japanese plum cultivars by molecular markers. Acta Hortic. 478:53-59.

Botta, R., A. Akkak, and V. Casavecchia. 1998. Identification of pear cultivars by molecular markers. Acta Hortic. 457:63-70.

Botta, R., A. Akkak, D. Marinoni, G. Bounous, S. Kampfer, H. Steinkellner, and C. Lexer. 1999. Evaluation of microsatellite markers for characterizing chestnut cultivars. Acta Hortic. 494:277-282.

Byrne, D. H., W. B. Sherman, and T. A. Bocon. 2000. Stone fruit genetic pool and its exploitation for growing under warm winter conditions. p.157-230. *in*: Temperate Fruit Crops in Warm Climates (Erez, A. ed.) Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

Chaparro, J. X., D. J. Werner, D. O'Malley, and R. R. Sederoff. 1994. Targeted mapping and linkage analysis of morphological isozyme and RAPD markers in peach. Theor. Appl. Genet. 87:805-814.

Damasco, O. P., G. C. Graham, R. J. Henry, S. W. Adkins, M. K. Smith, and I. D. Godwin. 1996. Random amplified polymorphic DNA(RAPD) detection of dwarf off-types in micropropagated Cavendish (*Musa* spp. AAA) bananas. Plant Cell Rep. 16:118-123.

Fanizza, G., G. Colonna, P. Resta, and G. Ferrara. 1999. The effect of the number of RAPD markers on the evaluation of genotypic distances in *Vitis vinifera.* Euphytica 107:45-50.

Fielder, J., G. Bufler, and F. Bamgerth.1998. Genetic relationships of avocado using RAPD markers. Euphytica 101:249-255.

Harada, T., K. Matsukawa, and T. Sato. 1993. DNA-RAPDs detect genetic variation and paternity in *Malus.* Euphytica 65:87-91.

Jaccard, P. 1901. Study of comparative distribution of flower in the porition of Alpes and Jura. (Etude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura.) Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat. 37:547-549.

Koller, B., A. Lehmann, J. M. McDermott, and C. Gessler. 1993. Identification of apple cultivars using RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 85:901-904.

Lanham, P. G. and R. M. Brennan. 2001. Genetic diversity in *Ribus*. Acta Hortic. 546:135-144.

Moreno, S., Y. Gorgocena, and J. M. Ortiz. 1995. The use of RAPD markers for identification of cultivated grapevine (*Vitis vinifera* L.). Sci. Hortic. 62:237-243.

Nicese, F. R., J. I. Hormaza, and G. H. McGranahan. 1998. Molecular characterization and genetic relatedness among walnut genotype based on RAPD markers. Euphytica 101:199-206.

Oliveira, C. M., M. Mota, L. Monte-Corvo, L. Goulao, and D. M. Silva. 1999. Molecular typing of *Pyrus* based on RAPD markers. Sci. Hortic. 79:163-174.

Qu, X., J. Lu, and O. Lamikanra. 1996. Genetic diversity in Muscadine and American bunch grapes based on randomly amplified polymorphic DNA(RAPD) analysis. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 121:1020-1023.

Quarta, R., M. T. Dettori, I.Verde, U. Marchesi, and M. A. Palombi. 2000. Characterization and evaluation of genetic diversity in peach germplasm using RAPD and RFLP markers. Acta Hortic. 546:489-496.

Schnell, R. J., C. M. Ronning, and R. J. Knight, Jr. 1995. Identificaion of cultivars and validation of genetic relationships in *Mangifera indica* L. using RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 90:269-274.

Sherman, W. B., P. M. Lyrene, N. F. Childers, F. G. Gmitter, and P. C. Andersen. 1988. Low chill peach and nectarine cultivars for trial in Florida. Proc. Fla. State. Hortic. Soc. 101:241-244.

Sondur, S. N., R. M. Manshardt, and J. I. Stiles. 1996. A genetic linkage map of papaya based on randomly amplified polymorphic DNA markers. Theor. Appl. Genet. 93:547-553.

Stiles, J. I., C. Lemme, S. Sondur, M. B. Morshidi, and R. Manshsrdt. 1993. Using randomly amplified polymorphic DNA for evaluating genetic relationships among papaya cultivars. Theor. Appl. Genet. 85:697-701.

Warburton, M. L. and F. A. Bliss. 1996. Genetic diversity in peach (*Prunus persica* L. Batch) revealed by randomly amplified polymorphic DNA(RAPD) markers and compared to inbreeding coefficients. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 121:1012-1019.

Wiesman, Z., N. Avidan, S. Lavee, and B. Quebedeaux. 1998. Molecular characterization of common olive varieties in Israel and the west bank using randomly amplified polymorphic DNA(RAPD) markers. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 123:837-841.

Williams, J. G. K., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski, and S. V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acid Res. 18:6531-6535.

Evaluation and Genetic Relationship Analysis Using RAPD on Flowering Cherry Germplasm[1]

Ien-Chie Wen[2,4] and Ching-Yi Chang[3]

Summary

Wen, I. C. and C. Y. Chang. 2005. Evaluation and genetic relationship analysis using RAPD on flowering cherry germplasm. J. Taiwan Agric. Res. 54:245-256.

Taiwan cherry (*Prunus companulata* Maxim.) with the reddest flowers and less chilling requirement in the world, is an important parent in breeding cherry and flowering cherry. In Flora of Taiwan, Taiwan cherry only has red, campanulate flowers record. In this research, we collected Taiwan cherry with white, pink and light to dark red, close to open campanulate and slightly upright flowers for futher breeding use. The genetic relationships of 29 flowering cherry cultivars were analyzed by using RAPD markers. A total of 300 primers were screened for their ability to produce strongly amplified products. Out of 11 primers amplified 147 DNA bands, 121 of which were polymorphic (82.3%). A dendrogram based on the UPGMA cluster analysis was constructed. All tested flowering cherry cultivars could be divided into four groups, including 2 groups of local varieties, 1 group of local high chill varieties with one Japanese variety and 1 group of Japanese varieties. Chorng bann shan ying 2 and 3 have the same polymorphic DNA band, indicating they may be the same variety. Chorng bann shan ying 2 and 3 and Chorng bann shan ying 4 had 93% similarity indexes, indicating the closest genetic relationship. Nevertheless, Lan-yeu yee Ying (*Prunus grisea* Kalkm) having 13% similarity indexes showed the farest genetic relationship with other tested flowering cherry varieties.

Key words: Flowering cherry, Germplasm evaluation, RAPD.

---

1. Contribution No.2244 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 6, 2005.
2. Associate Researcher, Plant Germplasm Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Research Assistant, Plant Germplasm Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: icwen@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23331673.

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 54:257~269 (2005)

利用 RAPD 與 ISSR 分子標誌鑑定西瓜品種 [1]

王昭月[2,3] 張有明[2] 沈百奎[2] 王毓華[2] 劉邦基[2]

摘 要

王昭月、張有明、沈百奎、王毓華、劉邦基。2005。利用 RAPD 與 ISSR 分子標誌鑑定西瓜品種。台灣農業研究 54:257-269。

農業試驗所新育成之西瓜新品種：台農六號 (2003 年)、台農七號 (2004 年)，以及經濟栽培種合計八個品種 (系)，利用 RAPD (random amplified polymorphic DNA)與 ISSR (inter simple sequence repeat)兩種分子標誌，進行不同品種指紋分析與品種間遺傳相似性之評估。試驗結果可自 9 個具再現性的 RAPD 引子反應，產生 127 個 RAPD 條帶 (band)，其中 93 個標誌條帶具多型性，多型性百分率為 73.2%；在 ISSR 分析中，18 個引子可產生 198 個條帶，其中 120 個為多型性標誌條帶，多型性百分率為 60.6%。針對八個栽培種之指紋分析，共篩選獲得 24 個 RAPD 標誌條帶，以及 37 個 ISSR 標誌條帶，可將不同栽培品種 (系)完全鑑別。進一步將兩種分子標誌進行 UPGMA (un-weighted pair-group mean arithmetic)之遺傳相似性分析，結果顯示以 RAPD 或 ISSR 分子標誌計算之遺傳相似性樹狀圖具有相近之趨勢。據 ISSR 分子標誌的 Dice 相似性係數估算，3 個經濟栽培種同群，其遺傳相似性係數為 0.58；農業試驗所新育成之西瓜台農六號、台農七號及其親本，則明顯另成一群，其遺傳相似性係數為 0.44；連鎖此兩群之遺傳相似性係數為 0.34。綜合觀之，RAPD 或 ISSR 兩種分子標誌均可應用於西瓜品種鑑定，皆為有效之指紋分析工具。

關鍵詞：西瓜、指紋分析、逢機增殖多型性 DNA、間帶簡單序列重複。

前 言

西瓜 [*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf.]，英名 Watermelon，俗名“水瓜”、“夏瓜”，為一年生蔓性草本植物，屬於葫蘆科 (Cucurbitaceae)西瓜屬 (*Citrullus*)。西瓜染色體數 2n=22，原產於熱帶非洲。西瓜在中國有千年的栽培歷史，據史籍記載，“西瓜”名稱首見於唐朝末年 (約 946~953 年)『新五代史四夷附錄』一書，此植物係由西方國家經絲綢之路引入中國。台灣西瓜栽培則來自大陸引入，1917 年已有栽培記錄。鑒於西瓜合適台灣溫暖氣候生長，1956 年在『農復會』 (今『行政院農業委員會』最前身機構)支助下，農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所，開始進行有系統的品種改良工作，並育成

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2245 號。接受日期：94 年 12 月 16 日。
2. 本所園藝組助理研究員、副研究員、副研究員、助理研究員、研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：jywang@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23338162。

“富光”大西瓜、“鳳山一號”無子西瓜等優良品種 (杜等 1993)。1968 年農友種苗公司成立，其生產的種苗種類中尤以西瓜品種著稱；迄今近四十年已育成六十餘種馳名中外的西瓜品種，包含國內常見的紅肉小西瓜 (如：“黑美人”、“秀鈴”等)，黃肉中小型西瓜(如：“金蘭” 、“特小鳳” 等)，其中“金蘭” 與 “寶冠”兩品種皆獲得美國園藝品種比賽優勝 (杜等 1993；林等 1998)。2003 至 2004 年間，農業試驗所再相繼推出兩個西瓜優良新品種：“台農六號-紅蜜”、“台農七號-小甜甜”。綜合觀之，目前台灣的西瓜育種技術與推出的優良新品種，足以稱冠於國際。而依據 2003 年農業生產年報統計，近三年國內西瓜栽培總面積均穩定維持於 15,000 公頃左右，位居台灣第一位的瓜類作物。

植物新品種智慧財產權的保護，是植物育種家成果的保障，可加速作物優良新品種的開發與經濟利用。國際間現有相關規範組織『植物新品種保護國際聯盟-UPOV (The International Union for the Protection of New Varieties of Plant)』，台灣目前亦完成『植物種苗法』，可用以管制植物新品種之申請與利用之權益。鑒於品種保護的目標，新穎植物品種之鑑別，也成為保障育種者權益的基本資料之一。新品種鑑別除利用傳統的植物性狀區別外，核酸層次的分子標誌也是近代一種正確且有效率的品種鑑定工具。William 等人 (1990)及 Welsh & McClelland (1991)提出操作簡單的 RAPD (random amplified polymorphic DNA)核酸分子標誌技術；此後已廣泛利用於番茄 (Klein-Lankhorst *et al*. 1991)、十字花科蔬菜 (Kresovich *et al*. 1992；Mailer *et al*. 1994)、馬鈴薯 (Demoke *et al*. 1996)、桃 (Chaparro *et al*. 1994)、菊花 (Wollf *et al*. 1995)、康乃馨 (Scovel *et al*. 1998)、梨 (Sharifani *et al*. 2000)、杏仁 (Martins *et al*. 2003)與水稻 (Wu *et al*. 2004)等多數農園藝作物，作為種原鑑別或特定性狀基因分析之研究。此外 RAPD 分子標誌亦可用於杏仁組織培養繁殖苗的遺傳穩定性分析 (Martins *et al*. 2004)，以及茶樹組織培養苗之多倍体植株指紋分析 (Devarnumath *et al*. 2002)。

Tautz 等人 (1984)在真核生物的基因組上發現 1～6 個核苷酸之短序列重覆 (short tandem repeat)，在不同的『物種』間具有明顯多型性表現。Condit & Hubbell (1991)、Akkaya 等人 (1992)、Lagercrantz 等人 (1993)及 Wang 等人 (1994)亦相繼發現此簡單序列重複 (simple sequence repeat, SSR)或稱之為微衛星 DNA (microsatellite DNA)，也存在植物的基因組，且不同『種間』亦具有明顯的多型性表現。1993 年迄今，SSR 標誌技術也廣泛利用於玉米的種原分析 (Taramino & Tingey 1996)，梨基因組圖譜之研究 (Yamamoto *et al*. 2002)，以及水稻遺傳歧異度評估 (Saini *et al*. 2004)等。應用此微衛星 DNA 在植物物種內多型性的表現，Zietkiewicz 等人 (1994)另提出 SSR-anchored PCR 技術，用於進行基因組之指紋分析。此方式係利用生物基因組 SSR 重複序列 (一般為 2 至 5 個重複性核苷酸序列)，另於 5’或 3’端再加上一至三個寡核苷酸序列；以此為引子進行 PCR 反應，可擴增出含基因組上 SSR 區域鄰近之基因片段，具有高度的多型性，可用以鑑別物種。唯此種分子標誌較原 SSR 分子標誌技術更具簡便性，無須遷就 SSR 分析前必要建立之特定基因組的微衛星基因庫。1995 年 Kantety 等人以此核酸分子標誌技術，進行玉米遺傳歧異度分析，並稱之為 inter simple sequence repeat (ISSR)技術。往後 Charterers 等人 (1996)藉 ISSR 標誌作為油菜栽培種之鑑別，Prevost & Wilkinson (1999)以 ISSR 指紋分析技術作為馬鈴薯栽培種鑑定，Arnau 等人 (2002)利用 ISSR 分子標誌進行草莓栽培種快速鑑定，Mondal (2002)以 ISSR 標誌用於茶樹遺傳歧異度之評估，Terzopoulos 等人 (2005)也以 ISSR 分子標誌作為橄欖栽培種鑑定之用。此外，Leroy 等人 (2001)利用 ISSR 作為花椰菜組織培養苗基因穩定性之偵測，Scarano 等人 (2002)則以 ISSR 進行柑桔營養系四倍體之鑑別。本研究參考 Hawkins 等人 (2001)之西瓜 RAPD 分析，Levi 等人 (2001)之西瓜 ISSR 分子標誌分析，以及 Monte 等人 (2001，2002)之梨 ISSR 分析技術，期配合本省西瓜新品種育成之鑑別與指紋分析的需求，建立西瓜新品種 DNA 指紋資料庫，以作為新品種鑑定之遺傳參考資料。

材料與方法

試驗材料

以農業試驗所 2003 年與 2004 年選育命名的紅肉小型西瓜新品種：“台農六號-紅蜜”與“台農七號-小甜甜”及其育種親本材料：“TW 537”、“TW 701”、 “TW 518”；另以目前台灣經濟栽培之紅肉小型西瓜品種：“紅鈴” (Red Delicious)與“黑美人” (Dark Belle)，紅肉大西瓜品種“華寶” (China Baby) 等三個經濟栽培品種作為對照；以上合計八個試驗樣品 (表 1)，進行 DNA 指紋分析與品種 (系)間遺傳相似性之評估。

DNA 萃取

取50~80mg之八個試驗品系 (表1)的西瓜幼苗葉片為樣品，利用DNeasy® Plant Mini Kit (QIAGEN)，進行DNA萃取。萃取得之DNA以光電比色計OD_{260}/ OD_{280}測定其比值為1.6~1.9，並以OD_{260}值計算DNA濃度，分別稀釋其濃度為10 ng/μL，提供作為以下RAPD與ISSR分子標誌分析之聚合酵素連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR)用DNA模版。

RAPD 分子標誌分析

參考Hawkins等人 (2001)西瓜RAPD分析，自Operon Kit (B、C、F、K、L、W、Y)引子，篩選出具再現性與多型性明顯的引子9個 (OPB12、OPB15、OPC12、OPF04、OPK14、OPL11、OPW02、OPW04、OPY15)，進行8個品系的PCR反應。反應液總體積為10 μL，內含 0.5 μ Taq polymerase (Roche-FastStart)、1×PCR buffer (50 Tris/HCl, KCl, $(NH_4)_2SO_4$, pH8.3)、2.0 mM $MgCl_2$、200 μM dNTP、0.2 μM 引子 及 25 ng 模板 DNA。聚合酵素連鎖反應儀器為 Perkin Elmer Cetus Thermal Cycler 9700，反應溫度條件設定如下：95℃ 5 min；再進行42 次的95℃ 45 sec，40℃ 45 sec，72℃ 1 min 30 sec；最後72℃ 10 min；反應完成後貯放於4℃，以接續進行PCR產物之電泳。

表 1. RAPD 與 ISSR 分析用之西瓜材料及其特性
Table1. Characteristics of watermelon cultivars (lines) used in the RAPD and ISSR analyses

Sample no.	Cultivar /line	Fruit weight (kg)	Fruit shape	Fruit color	Flesh color	Remark
1	Tainung no.6	4.5~5.5	Globe	Light-green rind with bluish black stripes	Red	Hybrid by ARI [z]
2	Tainung no.7	2.5~3.5	Elongated	Dark-green rind with indistinct stripes	Red	Hybrid by ARI [z]
3	TW537	4.5~6.0	Globe	Light-green rind with bluish black stripes	Red	Female parent of Tainung no.6
4	TW701	3.0~4.0	Elongated	Green rind with indistinct stripes	Red	Male parent of Tainung no.6 & no.7
5	TW518	2.5~3.5	Elongated	Dark-green rind with indistinct stripes	Red	Female parent of Tainung no.7
6	Red Delicious	2.0~3.0	Oblong	Light-green rind with netted stripes	Red	Commercial cultivar
7	China Baby	12~17	Oblong	Light-green rind with netted stripes	Red	Commercial cultivar
8	Dark Belle	2.5~3.5	Elongated	Dark-green rind with indistinct stripes	Red	Commercial cultivar

[z] ARI: Agricultural Research Institute, Taiwan.

ISSR 分子標誌分析

ISSR 分析之引子取自 UBC SSR Primer Oligonucleotide Set100/9 (John Hobbs, NAPs Unit, University of British Columbia, Vanconver, V6TI23, Canada)，共計 100 支。PCR 反應液總體積為 25 µL，內含 1.25 u *Taq* polymerase (Roche-FastStart)、1×PCR buffer [50 Tris/HCl, KCl, $(NH_4)SO_4$, pH8.3]、2.0 mM $MgCl_2$、200 µM dNTP、0.2 µM 引子及 50 ng 模板 DNA。聚合酵素連鎖反應儀器為 Perkin Elmer Cetus Thermal Cycler 9700，ISSR 分析之聚合酵素連鎖反應的溫度則設定為：95℃ 5 min；再進行 42 次的 94℃ 1 min，53℃~58℃ (依引子 Tm 值調整) 1 min，72℃ 1 min 30 sec；最後 72℃ 10 min；反應完成後貯放在 4℃，接續進行產物之 DNA 電泳。

DNA 電泳

經 RAPD 或 ISSR 分析之 PCR 反應產物 10 µL 加入 6 倍電泳追蹤染劑 (6×loading buffer：0.25% bromophenol blue 及 xylene cyanol，40% w/v sucrose)，以 1.5% 的 agarose ，以 0.5X TBE buffer (40 mM Tris acetate, pH 8.0; 1 mM EDTA)進行 DNA 電泳。電泳槽為 BIO-RAD SUB CELL GT，電壓 100 V，電泳時間約 100 min，結束後置於 0.5 mg/ml 的 ethidium bromide 中染色 20 min，並退染約 15 min；再置於 UV 光箱中，檢視膠體上 DNA 多型性片段，並照相及貯存影像於 IS 2000 Digital Imaging System (Alpha Innotech Corporation) ，提供進行以下 DNA 條帶之資料分析。

PCR 產物之群集(cluster)分析

群集分析是採用 Gel-Compar II ,Version 3.5 軟體 (Applied Meth, Kortrijk, Belgium)，計算兩兩品系間所有分析的 RAPD 或 ISSR 條帶中相同條帶的比率。所有樣品兩兩分析後，以 UPGMA 估算相似性程度。PCR 產物的 DNA 片段係以 Gen100 DNA Ladder (3,000 bp~100 bp) 作為估算分子量之標準。並以 Dice’s 相似性係數進行分析，相似性係數值 (simple matching coefficient)的計算方式為 F=2nxy/nx+ny。nx 及 ny 分別代表 X 及 Y 品系的所有多型性 DNA 片段，nxy 則表示 X 及 Y 品系間都共有的片段數 (simple matching coefficient, Nei & Li 1979)，以此於 Digital 個人電腦進行 UPGMA 群體分析，並估算不同品種 (系)間之遺傳相似程度 (similarity coefficient)，及品系間遺傳關連性之樹狀圖 (Dendrogram)。

結 果

西瓜之 RAPD 分子標誌分析

自 PCR 產物多型性表現明顯的 RAPD 引子：OPB12、OPB15、OPC12、OPF04、OPK14、OPL11、OPW02、OPW04 及 OPY15，進行 8 個品系的指紋分析之結果，顯示以 OPF04 產物最多，有 18 個條帶 (band)，其中多型性條帶為 16 個。OPF04 對於八個品種 (系)具有指紋分析效用，藉 16 個多型性條帶可將八個品種 (系)完全區分 (表 2、圖 1)。總計 9 個 RAPD 引子共可產生 127 個 RAPD 條帶，其中 93 個條帶有多型性，多型性百分率為 73.2%，平均每個引子可產生 14 個 RAPD 條帶，多型性產物平均為每引子 10 個條帶；產物的 RAPD 條帶之分子量大小則介於 237 bp 至 3,863 bp (表 2)。另篩選品種 (系)鑑定之特定 RAPD 標誌條帶顯示，可提供作為西瓜“台農七號”鑑定用之標誌條帶最多，合計有 6 個引子 8 個條帶可鑑別之；其次為“Dark Belle”，計有 4 個引子 5 個條帶可鑑別之 (表 3)。除了“TW 701”外，其餘 7 個品種 (系)均有特定的 RAPD 標誌條帶，以作為特定品種鑑定之用；唯“TW 701”雖無品種獨有的條帶，但以 OPF04 引子進行 PCR 之產物，仍可藉著 16 個多型性的條帶，與其他品種予以區別 (表 3)。

表 2. 西瓜 RAPD 分子標誌分析之引子及其 PCR 產物
Table 2. RAPD primers used in analysis of watermelon cultivars (lines), and the products of PCR amplification

Primer code	Products size (bp)	No. of bands	No. of polymorphic bands	Polymorphism (%)	No. of distinguishable patterns
OPB12	387~3,156	15	9	60.0	-
OPB15	237~3,298	12	6	50.0	3
OPC12	351~1,955	11	9	81.8	2
OPF04	379~2,867	18	16	88.9	8
OPK14	554~3,863	12	7	58.3	2
OPL11	475~3,257	17	15	88.2	4
OPW02	408~2,984	14	7	50.0	4
OPW04	436~2,755	16	15	93.8	3
OPY15	431~2,712	12	9	75.0	3
Total		127	93	73.2	
Mean		14	10		

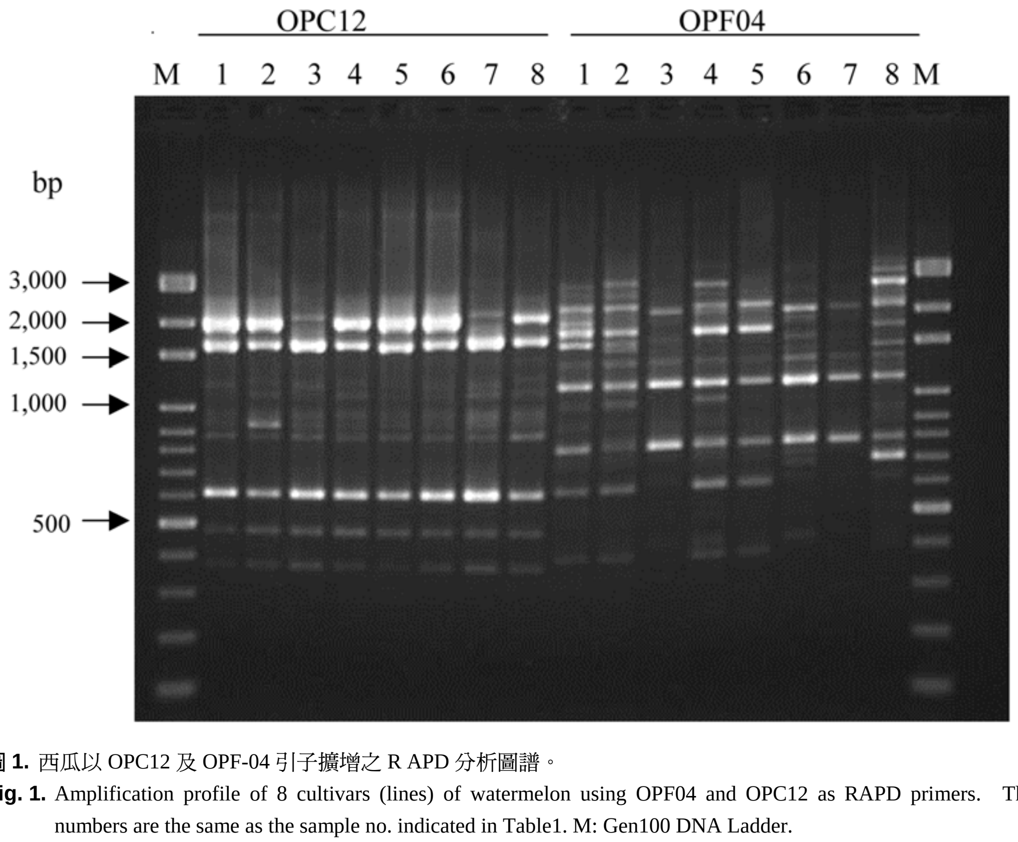

圖 1. 西瓜以 OPC12 及 OPF-04 引子擴增之 R APD 分析圖譜。
Fig. 1. Amplification profile of 8 cultivars (lines) of watermelon using OPF04 and OPC12 as RAPD primers. The lane numbers are the same as the sample no. indicated in Table1. M: Gen100 DNA Ladder.

將 9 個 RAPD 引子的產物 127 個 RAPD 條帶，合併進行 Dice's UPGMA 群集分析，結果顯示供試的八個品種 (系)分成兩群，兩群集間之遺傳相似性係數為 27.5% (圖 2)；第一群為農試所雜交新品種及其育種親本，其中農試所選育命名的台農六號、台農七號相似性係數為 64.8%，雜交育種親本 TW 537"、"TW 701"、"TW 518"三品系相似性係數為 45.5%；連鎖親本與雜交品種 5 個樣品為同一群，其相似性係數為 38.0%。另外，三個經濟栽培種則聚集成另一群，其相似性係數為 45.4%，其中"Red Delicious"與"China Baby" 較為相近，遺傳相似性係數為 77.5% (圖 2)。

西瓜之 ISSR 分子標誌分析

自 UBC ISSR Primer Oligo-nucleotide Set100/9 的 100 支引子中篩選有明顯多型性表現的 ISSR 引子 18 個，其中 di-nucleotide, 3' anchored 引子 10 個 (UBC807, 809, 810, 817, 818, 826,827, 835, 845, 857)，tri-nucleotide motif 2 個 (UBC866, 868)，tetra-nucleotide motif 2 個 (UBC873, 874)，penta-nucleotide motif 2 個 (UBC880, 881)，以及 di-nucleotide, 5' anchored 引子 2 個 (UBC888, 889) (表 4)。八個西瓜品種指紋分析結果顯示，以 UBC826 引子的產物以及擴增的 DNA 多型性條帶最多，分別為產物 20 個條帶，以及 18 個多型性條帶；且具有指紋分析之效 (表 4、圖 3)。合計 18 個 ISSR 引

表 3. 鑑別西瓜栽培品種(系)之 RAPD 標誌
Table 3. RAPD markers for differentiating watermelon cultivars (lines)

Cultivar/line	Primer: revealing specific band (bp)
Tainung No.6	OPW02: 839
Tainung No.7	OPC12: 926; OPF04: 2340; OPK14: 554; OPL11: 956, 2721; OPW04: 910; OPY15: 2010, 686
TW537	OPL11: 2779; OPW04: 2755, 1304, 555; OPY15: 1525
TW701	−
TW518	OPB15: 2050, 671; OPY15: 1143
Red Delicious	OPF04: 1576
China Baby	OPL11: 600
Dark Belle	OPF04: 2867, 709; OPK14: 907; OPL11: 1056; OPW04: 1934

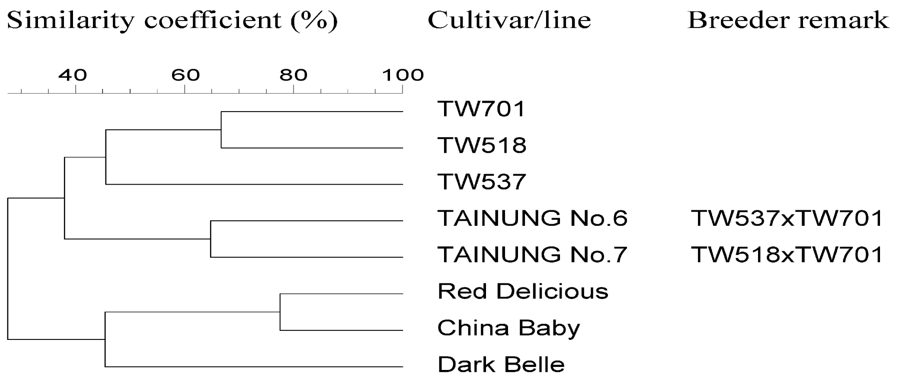

圖 2. 西瓜八個栽培品種(系)綜合 9 個 RAPD 引子，經 UPGMA Dice's 計算之相似性樹狀圖。
Fig. 2. Dendrogram of 8 cultivars (lines) of watermelon based on PCR products with 18 ISSR using UPGMA as the clustering method.

表 4. 西瓜 ISSR 分子標誌分析之引子及 PCR 產物

Table 4. List of ISSR primers used in 8 cultivars (lines) of watermelon, and the products of PCR amplification

Primer code	Srquence 5'→3'	Products size (bp)	No. of bands	No. of polymorphic bands	Polymorphism (%)	No. of distinguishable patterns
UBC807	$(AG)_8T$	323~2,037	10	5	50.0	-
UBC809	$(AG)_8G$	413~2,116	15	13	86.7	2
UBC810	$(GA)_8T$	537~1,583	5	1	20.0	1
UBC817	$(CA)_8A$	534~2,775	5	2	40.0	-
UBC818	$(CA)_8G$	435~3,340	11	10	90.9	6
UBC826	$(AC)_8C$	295~3,280	20	18	90.0	8
UBC827	$(AC)_8G$	484~2,939	12	11	91.7	5
UBC835	$(AG)_8YC$ [z]	248~2,801	12	4	33.3	-
UBC845	$(CT)_8RG$	460~3,487	6	3	50.0	2
UBC857	$(AC)_8YG$	326~3,544	10	8	80.0	1
UBC866	$(CTC)_6$	437~3,364	10	6	60.0	1
UBC868	$(GAA)_6$	250~1,286	8	0	0.0	1
UBC873	$(GACA)_4$	566~3,180	19	13	68.4	5
UBC874	$(CCCT)_4$	949~3,372	10	3	32.0	1
UBC880	$(GGAGA)_3$	237~2,439	14	10	71.4	3
UBC881	$(GGGTG)_3$	460~3,587	12	10	83.3	4
UBC888	$BDB(CA)_7$	332~2,787	9	1	11.1	1
UBC889	$DBD(AC)_7$	309~2,738	10	2	20.0	2
Total			198	120	60.6	
Mean			11	6.7		

[z] Y:(C,T); B:(C,G,T); D:(A,G,T).

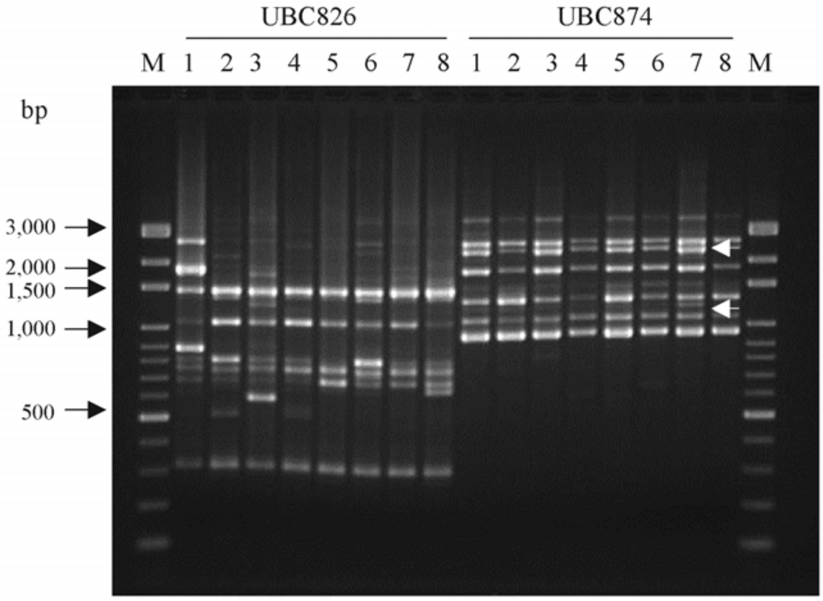

圖 3. 西瓜以 UBC826 及 UBC874 引子擴增之 ISSR 分析圖譜。

Fig. 3. Amplification profile of 8 cultivars (lines) of watermelon using UBC826 and UBC874 as ISSR primers. The lane numbers are the same as the sample no. indicated in Table1. M: Gen100 DNA Ladder.

子，可產生 198 個條帶，其中 120 個條帶有多型性，多型性比率為 60.6%；平均每個 ISSR 引子，可產生 11 個條帶，多型性條帶為 7 個；產物 (條帶)的分子量大小則介於 348 bp 至 3,587 bp 之間 (表 4)。進一步篩選品種 (系)鑑定專用的特定 ISSR 標誌條帶結果顯示，可提供作為西瓜 “台農六號”鑑定用之標誌條帶最多，合計有七個引子 10 個條帶可鑑別之；其次為 “China Baby”，計有六個引子 8 個條帶可鑑別之 (表 5)。ISSR 標誌分析結果，供試的八個品種 (系)均可獲得特定的 ISSR 標誌條帶，可作為特定品種鑑定之用，合計有 37 個 ISSR 的標誌條帶可供作品種鑑定之用 (表 5)。

將 18 個 ISSR 引子進行 PCR 產生的 198 個條帶，合併以 Dice’s UPGMA 群集分析之結果，其樹狀圖 (dendrogram)與 RAPD markers 結果相近 (圖 2、圖 4)。ISSR markers 分析下，供試的八個品種 (系)亦可分成兩群，其遺傳相似性係數為 37.7% (圖 4)，其中第一群為農試所選育的 “台農六號”、“台農七號”，以及其雜交育種親本 “TW 537”、 “TW 701”、 “TW 518” 5 個樣品，遺傳相似性係數為 44.5%；另外，三個經濟栽培種則集聚成另一群，三樣品間遺傳相似性係數為 57.7%，其中 “Red Delicious”與 “China Baby” 較為相近，相似性係數為 68.4% (圖 4)。

表 5. 鑑別西瓜栽培品種(系)之 ISSR 標誌
Table 5. ISSR markers for differentiating watermelon cultivars (lines)

Cultivar/line	Primers: revealing specific band (bp)
Tainung No.6	UBC826: 896, 1815; UBC827: 1288, 2939; UBC835: 1033; UBC857: 968, 1817; UBC866: 1122; UBC873: 752; UBC880: 938
Tainung No.7	UBC826: 2133; UBC873: 672; UBC880: 899
TW537	UBC809: 503; UBC818: 435; UBC826: 591, 1237, 1728; UBC827: 742, 1238; UBC889: 309
TW701	UBC866: 437, 555
TW518	UBC866: 886
Red Delicious	UBC880: 1591
China Baby	UBC807: 357; UBC818: 1296; UBC873: 1378；UBC874: 2791, 1196; UBC881: 460, 1018; UBC888: 367
Dark Belle	UBC818: 1017, 2665; UBC826: 616; UBC881: 560

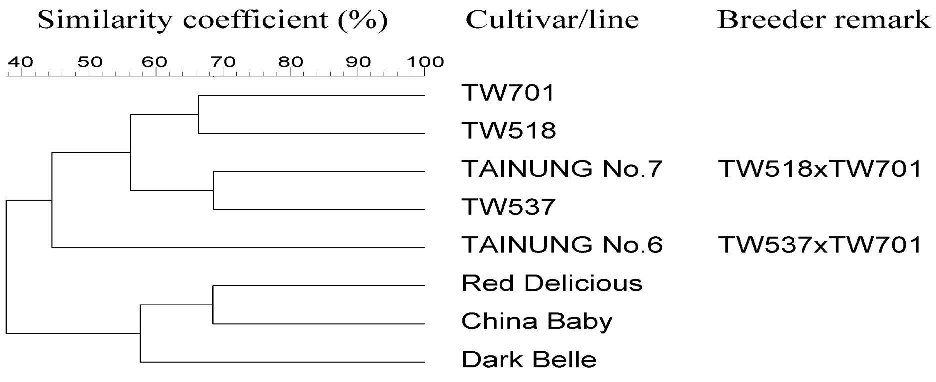

圖 4. 西瓜八個栽培品種(系)綜合 18 個 ISSR 引子，經 UPGMA Dice’s 計算之相似性樹狀圖。
Fig. 4. Dendrogram of 8 cultivars (lines) of watermelon based on PCR products with 18 ISSR using UPGMA as the clustering method.

討　　論

近代 PCR 分析技術快速發展，對於植物品種的指紋分析或遺傳特性篩檢，具有極大的幫助。Hashizume 等人 (1996)以 RAPD 分子標誌構築西瓜基因組連鎖圖譜，並發現部分 RAPD 標誌可用於鑑定外果皮顏色性狀。Hawkins 等人 (2001)亦利用 RAPD 分子標誌，進行西瓜雜交後代 F3 世代的果實性狀遺傳分析，找出與西瓜果形、果重、果肉色、種子大小、種子顏色等相關連之 RAPD 標誌。本研究結果亦證實，以 RAPD 分子標誌可應用於西瓜栽培種之鑑定，且具指紋分析之效 (圖 1)。綜合所有 RAPD 分子標誌，經 Dice's UPGMA 運算所構築之樹狀圖，則發現具有育種譜系關聯的 5 個樣品，呈現連鎖於同一群之趨勢；而對照之經濟栽培種則另集聚為一群。故 RAPD 分子標誌除用於品種或特定遺傳性狀鑑別外，亦可用於育種之親緣關係分析，以及種原遺傳相似性之評估。

Wang 等人 (1994)在微衛星 DNA 分子標誌分析研究上，發現植物基因組的簡單序列重複 (simple sequence repeat, SSR)中，以兩個核苷酸序列重複 (di-nucleotide motif)較為普遍，其他一個、三個、四個核苷酸序列重複 (mono-nucleotide motif; tri-nucleotide motif; tetra-nucleotide motif)，發生頻度則偏低，此與本研究的 ISSR 分子標誌分析結果相吻合。本研究中，自 100 支 ISSR 引子中篩選得 18 支具多型性產物的引子，其中 di-nucleotide motif 的引子就佔有 7 支 (表 4)，故未來 ISSR 引子設計，可參考植物基因組以 di-nucleotide motif 為主，提供品種及遺傳特性分析之用。

比較 RAPD 與 ISSR 兩種 DNA 分子標誌在西瓜品種鑑定上的效率，發現兩者可獲相近的結果。儘管 RAPD 標誌較易發生『再現性』低的問題，但只要留意操作流程條件的一致性，嚴格控管 PCR 反應步驟，即可提高產物的再現性，故仍不失為一種理想的品種鑑定工具 (Micheli *et al*. 1994)。早期利用微衛星 DNA 進行作物基因組分析前，必須對該作物的 SSR 基因序列詳知，再以此設計兩端一組的專一引子對，以確保可正確地擴增此重覆序列增殖；故應用於植物育種時，較費事且鑑定成本相對提高。目前利用 ISSR (inter-simple-sequence-repeat)分析，可用於快速鑑別遺傳上極相似的種原，且無須知道該基因組的 SSR 序列；故近十年間，ISSR 分析技術已被視為一種簡便、低成本且有效率的分子標誌，可直接利用於大量樣品的指紋鑑定或特定基因之研究 (Fang & Roose, 1997)。唯分子遺傳研究人員普遍性認為 ISSR 標誌較優於 RAPD 的再現性，可能由於 ISSR 分析的引子序列多為 16 至 22 個核苷酸，RAPD 的引子則為 10 至 12 個核苷酸；故一般而言 ISSR 進行 PCR 的鍊合溫度 (annealing temperature)為 50℃至 60℃，明顯高於 RAPD 的 35℃至 40℃，因此 ISSR 產物的嚴格性與再現性表現較佳 (Pasqualone *et al*. 2001)。綜合觀之，RAPD 與 ISSR 兩種分子標誌除可作為育種材料親緣關係之估算，以助於提升育種效率；並可應用於西瓜品種鑑定，保護作物育種者之權益。

誌　　謝

本研究經費承農委會 94 農科-5.1.4-農-C6 計畫補助，並感謝計畫雇用人員陳小萍小姐與林美君小姐協助試驗分析，謹致謝忱。

引用文獻

杜金池、蕭吉雄、楊偉正。1993。台灣蔬菜產業演進四十年專集。台灣省農業試驗所專刊第 36 號。418 pp.

林俊義、蕭吉雄、楊偉正。1998。蔬菜育種技術研習會專刊。台灣省農業試驗所特刊第 73 號。400 pp.

Akkaya, M. S., A. A. Bhagwat, and P. B. Cregan. 1992. Length polymorphisms of simple sequence repeat DNA in soybean. Genet. 132:1131-1139.

Arnau, G., J. Lanllemand, and M. Bourgoin. 2002. Fast and reliable strawberry cultivar identification using inter simple sequence repeat (ISSR) amplification. Euphytica 129:69-79.

Chaparro, J. X., D. J. Werner, D. O'Malley, and R. R. Sederoff. 1994. Targeted mapping and linkage analysis of morphological isozyme, and RAPD markers in peach. Theor. Appl. Genet. 87: 805-815.

Charterers, Y. M., A. Robertson, M. J. Wilkinson, and G. Ramsay. 1996. PCR analysis of oilseed rape cultivars (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera*) using 5'-anchored simple sequence repeat (SSR) primers. Theor. Appl. Genet. 92:442-447.

Condit, R. and S. P. Hubbell. 1991. Abundance and DNA sequence of two-base repeat regions in tropical tree genomes. Genome 34:66-71.

Demoke, T., D. R. Lynch, L. M. Kawchuk, G. C. Kozub, and J. D. Armstrong. 1996. Genetic diversity of potato determined by random amplified polymorphic DNA analysis. Plant Cell Rep. 15:662-667.

Devarnumath, R. M., S. Nandy, V. Rani, S. Marimuthu, N. muraleedharan, and S. N. Raina. 2002. RAPD, ISSR and RFLP fingerprints as useful markers to evaluate genetic integrity of micropropagated plants of three diploid and triploid elite tea clones representing *Camellia sinensis* (China type) and *C. assamica* spp. Assamica (Assam-India type). Plant Cell Rep. 21:166-173.

Fang, D. Q. and M. L. Roose. 1997. Identification of closely related citrus cultivars with inter-simple sequence repeat markers. Theor. Appl. Genet. 95:408-417.

Hashizume, T., I. Shimamoto, I. Y. Harushima, M. Yui, T. Sato, T. Imai, and M. Hirai. 1996. Construction of a linkage map for watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) using random amplified polymorphic DNA (RAPD). Euphytica 90:265-273.

Hawkins, L. K., F. Dane, and T. L. Kubisiak. 2001. Molecular markers associated with morphological traits in watermelon. HortScience 36(7):1318-1322.

Kantety, R. V., X. Zeng, J. L. Bennetzen, and B. E. Zehr. 1995. Assessment of genetic diversity in dent and popcorn (*Zea mays* L.) inbred lines using inter simple sequence repeat (ISSR) amplification. Mol. Breeding 1:365-373.

Klein-Lankhorst, R. M., A. Vermunt, R.Weide, T. Liharska, and P. Zabel. 1991. Isolation of molecular markers for tomato (*L. esculentum*) using random amplified polymorphic DNA (RAPD). Theor. Appl. Genet. 83:108-114.

Kresovich, S., J. G. K. Williams, J. R. McFerson, E. J. Routman, and B. A. Schaal. 1992. Characterization of genetic identities and relationships of *Brassica oleracea* L. *via* a random amplified polymorphic DNA assay. Theor. Appl. Genet. 85:190-196.

Lagercrantz, U., H. Ellegren, and L. Andersson. 1993. The abundance of various polymorphic microsatellite motifs differs between plant and vertebrates. Nucleic Acids Res. 21:1111-1115.

Leory, X. J., K. Leon, J. M. Hily, and P. Chaumeil. 2001. Detection of in vitro culture-induced instability through inter-simple sequence repeat analysis. Theor Appl. Genet. 102:885-891.

Levi, A., C. E. Thomas, X. P. Zhang, T. Joobeur, R. A. Dean, T. C. Wehner, and B. R. Carle. 2001. A genetic linkage map for watermelon based on randomly amplified polymorphic DNA markers. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 126(6):730-737.

Mailer, R. J., R. Scarth, and B. Fristensky. 1994. Discrimination among cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.) using DNA polymorphisms amplified from arbitrary primers. Theor. Appl. Genet. 87: 697-704.

Martins, M., R. Tenreiro, and M. M. Oliveira. 2003. Genetic relatedness of Portuguese almond cultivars assessed by RAPD and ISSR markers. Plant Cell Rep. 22:71-78.

Martins, M., D. Sarmento, and M. M. Oliveira. 2004. Genetic stability of micropropagated almond plantlets, as assessed by RAPD and ISSR markers. Plant Cell Rep. 23:492-496.

Micheli, M. R., R. Bova, E. Pascale, and E. D'Ambrosio. 1994. Reproducible DNA fingerprinting with the random amplified polymorphic DNA (RAPD) method. Nucleic Acids Res. 22:1921-1922.

Mondal, T. K. 2002. Assessment of genetic diversity of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) by inter simple sequence repeat polymerase chain reaction. Euphytica 128:307-315.

Monte Corvo, L., L. Goulao, and C. Oliveira. 2001. ISSR analysis of cultivars of pear and suitability of molecular markers for clone discrimination. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 126(5):517-522.

Monte Corvo, L., L. Goulao, C. Oliveira, and L. Corelli Grapadeli. 2002. Discrimination of pear cultivars with RAPD, AFLP and ISSR. Acta Hortic. 596:187-191.

Nei, M. and W. H. Li. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. Proc. Natl. Acad. Soc. U.S.A. 76:5269-5273.

Pasqualone, A., F. Caponio, and A. Blanco. 2001. Inter simple sequence repeat DNA markers for identification of drupes from different *Olea europaea* L. cultivars. Eur. Food Res. Technol. 213:240-243.

Prevost, A. and M. J. Wilkinson. 1999. A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting of potato cultivars. Theor. Appl. Genet. 98:107-112.

Saini, N., N. Jain, S. Jain, and R. K. Jain. 2004. Assessment of genetic diversity within and among Basmati and non-Basmati rice varieties using AFLP, ISSR and SSR markers. Euphytica 140:133-146.

Scarano, M. T., L. Abbate, S. Ferrante, and S. Lucretti. 2002. ISSR-PCR technique: a useful method for characterizing new allotetraploid somatic hybrids of mandarin. Plant Cell Rep. 20:1162-1166.

Scovel G., H. Ben-Meir, M. Ocadis, H. Itzhaki, and A. Vainsein. 1998. RAPD and RFLP markers tightly linked to the locus controlling carnation (*Dianthus caryophyllus*) flower type. Theor. Appl. Genet. 96:117-122.

Sharifani, M. N., J. F. Jackson, M. Geible, M. Fischer, and C. Fischer. 2000. Chracterization of pear species and cultivars using RAPD primers. Acta Hortic. 538(2):499-504.

Taramino, T. and S. Tingey. 1996. Simple sequence repeats for germplasm analysis and mapping in maize. Genome 39:227-287.

Tautz, D. and M. Renz. 1984. Simple sequences are ubiquitous repetitive components of eukaryotic genomes. Nucleic Acids Res. 12:4127-4138.

Terzopoulos, P. J., B. Kolano, P. J. Bebeli, P. J. Kaltsikes, and I. Metzidakis. 2005. Identification of *Olea europaea* L. cultivars using inter-simple sequence repeat markers. Sci. Hortic. 105:45-51.

Wang, Z., J. L. Weber, G. Zhong, and S. D. Tanksley. 1994. Survey of plant short tandom DNA repeats. Theor. Appl. Genet. 88:1-6.

Welsh, J. and M. McClelland. 1991. Genomic fingerprinting using arbitrarily primer PCR and a matrix of pairwise combinations of primers. Nucleic Acids Res. 19:5275-5279.

Williams, J. G., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski, and S. V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 18:6531-6535.

Wollf K., E. Zeitkiewicz, and H. Hofstra. 1995. Identification of chrysanthemum cultivars and stability of DNA fingerprint patterns. Theor. Appl. Genet. 91:439-447.

Wu C. J., Z. Q. Cheng, X. Q. Hung, S. H. Yin, K. M. Cao, and C. R. Sun. 2004. Genetic diversity among and within populations of *Oryza granulate* from Yunun of China revealed by RAPD and ISSR markers: implications for conservation of the endangered species. Plant Sci. 167:35-42.

Yamamoto, T., T. Kimura, M. Shoda, T. Imai, T. Saito, Y. Sawamura, K. Kotobuki, T. Hayashi, and N. Matsuta. 2002. Genetic linkage maps constructed by using an interspecific cross between Japanese and European pears. Theor. Appl. Genet. 106:9-18.

Zietkiewicz, E., A. Rafalski, and D. Labuda. 1994. Genome fingerprinting simple sequence repeat (SSR) anchored polymerase chain reaction amplification. Genomics 20:176-183.

Molecular Markers Derived from RAPD and ISSR Analysis for Identification of Watermelon[1]

Jau-Yeuh Wang[2,3], You-Ming Chang[2], Bor-Kwei Shen[2], Yu-Hua Wang[2] and Pan-Chi Liou[2]

Summary

Wang, J. Y., Y. M. Chang, B. K. Shen, Y. H. Wang, and P. C. Liou. 2005. Molecular markers derived from RAPD and ISSR analysis for identification of watermelon. J. Taiwan Agric. Res. 54:257-269.

RAPD and ISSR markers were obtained for eight watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf.] cultivars (lines) including two hybrids [Tainung No. 6 and Tainung No. 7 bred at Agricultural Research Institute (ARI)] for fingerprinting and assessment of their genetic relationship. Nine reproducible RAPD primers generated 127 fragments, among which 93 were polymorphic bands (polymorphism 73.2%). Eighteen ISSR primers yielded 198 ISSR fragments, of which 120 were polymorphic bands (polymorphism 60.6%). Fingerprinting analysis showed that 24 genotype specific RAPD markers and 37 specific ISSR markers were sufficient to differentiate these cultivars (lines). The genetic relationship and genetic similarity between cultivars (lines) were estimated using Dice coefficient of similarity of all of the ISSR or RAPD markers. Based on UPGMA (un-weighted pair-group mean arithmetic), the pedigree information and the dendrogram of these two markers were similar. Analysis of the similarity coefficient of ISSR markers revealed that three commercial cultivars with a genetic similarity of 0.58 belonged to a cluster different from the cluster of two hybrids with genetic similarity 0.44. These two groups had genetic similarity coefficient value of 0.34. It is suggested that both RAPD and ISSR could be utilized as a reliable tool for the fingerprinting and assessment of the genetic relationship of watermelon cultivars.

Key words: Watermelon, Fingerprinting, RAPD (random amplified polymorphic DNA), ISSR (inter simple sequence repeat).

---

1. Contribution No.2245 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 16, 2005.
2. Assistant Horticulturist, Associate Horticulturist, Associate Horticulturist, Assistant Horticulturist and Senior Horticulturist, respectively Horticultural Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: jywang@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23331720.

台 灣 農 業 研 究

第五十四卷　目 次

第一期

黃守宏、鄭清煥、程永雄——育苗箱藥劑處理對水稻害蟲之防治效果及其對捕食性天敵之影響評估 1
謝麗娟、張義璋、謝廷芳——水稻白葉枯病抗病檢定方法之改良 15
蕭翌柱、楊淑如、陳威臣、夏奇鋗、蔡新聲——蔬果添加物對銅皮石斛實生苗瓶內培養之影響 23
戴廷恩、侯鳳舞——唐菖蒲台農 2 號之育成 32
張哲瑋、程永雄、顏昌瑞、徐信次、趙政男、田永柔、何昭吉、林俊義——荔枝新品種台農 1 號(翠玉)之育成 43
楊純明、陳榮坤——以高解析反射光譜模擬福衛二號衛星資料估測水稻生長及預測產量之潛力 54

第二期

許育嘉、古新梅、王強生——DNA 甲基化分析技術之發展與應用 71
利幸貞、陳一心——甘藷台農 72 號烤藷品質之研究 83
陳威臣、蕭翌柱、蔡新聲、夏奇鋗——細胞分裂素與透氣性容器封口對丹參組培苗增殖與玻璃質化之影響 93
鄭統隆、林素月、曾東海、王強生——水稻直鏈性澱粉突變體快速篩選法 103
黃禮棟、周廷弘、楊智凱——脆梅壓裂機之研究 113
姚銘輝、陳守泓、梁連勝——水稻之氣象資源利用效率探討-I.輻射利用效率 123

第三期

羅淑卿、謝寶全——低鹽辣椒醬之研發 135
姚銘輝、陳守泓——水稻田二氧化碳吸存量之研究 150
何坤耀、洪士程、陳健忠——賜諾殺濃餌劑在番石榴園防治東方果實蠅(雙翅目：果實蠅科)之效果評估 162
陸龍虎、蔡致榮、梁連勝、徐武煥、王怡玎、鄧永興——荔枝採收後處理機械之研發 169
莊明富、程永雄——接種期對叢枝菌根菌繁殖與溫度對孢子發芽之影響 184
賴瑞聲、高瑞隆、林義恭、胡敏夫、劉新裕——山藥種原外表形態及分子標記之變異研究 195

第四期

戴廷恩、侯鳳舞、許圳塗——原生鐵炮型百合形態標誌及發育可塑性之研究......207

謝光照——台灣不同地區台南白玉米族群果皮性狀之變異......219

謝光照——玉米不同遺傳背景與胚乳型對果皮厚度之影響......227

陳錦桐、簡宣裕、彭金騰、陳美杏——杏鮑菇栽培基質再利用之研究......235

溫英杰、張靜誼——櫻花種原評估及其親緣關係之研究......245

王昭月、張有明、沈百奎、王毓華、劉邦基——利用 RAPD 與 ISSR 分子標誌鑑定西瓜品種......257

JOURNAL OF

TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Contents of volume 54, 2005

Number 1

Shou-Horng Huang, Ching-Huan Cheng and Yung-Hsiung Cheng——Evaluation on the Nursery Box Insecticidal Treatment for Control of Early-season Insect Pests of Rice and Its Effect on Predatory Natural Enemies 1

Lih-Jiuan Hsieh,Yih-Chang Chang and Ting-Fang Hsieh——Improvement of Resistant Screening Techniques for Bacterial Leaf Blight of Rice Caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* 15

Yih-Juh Shiau, Shu-Ru Yang, Uei-Chern Chen, Chi-Ni Hsia and Hsin-Sheng Tsay——Effect of Vegetable and Fruit Homogenates on Seedling Development of *Dendrobium moniliforme* (L.) Sweet Cultured *In Vitro*. 23

Ting-En Dai and Fong-Wu How——Development of Gladiolus Variety Tainung No.2 32

Jer-Way Chang, Yung-Hsiung Cheng, Chung-Rey Yen, Hsin-Tszu Hsu, Cheng-Nan Chao, Yung-Jou Tien, Chao-Chi Ho and Chien-Yih Lin——A New Variety of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) 'Tainung No.1' 43

Chwen-Ming Yang and Rong-Kuen Chen——Potential for Using FORMOSAT-II Data Simulated by Hyperspectral Reflectance to Estimate Growth and Predict Yield of Rice 54

Number 2

Yu-Chia Hsu, Hsin-Mei Ku and Chang-Sheng Wang——Progress and Application of DNA Methylation Detection 71

Hsin-Chen Lee and Yi-Shin Chen——Study on the Taste Quality of Baked Sweet Potato Variety Tainung No. 72 83

Uei-Chern Chen, Yih-Juh Shiau, Hsin-Sheng Tsay and Chi-Ni Hsia——Influence of Cytokinin and Ventilating Container Closure on Shoot Proliferation and Hyperhydricity of *In Vitro Salvia miltiorriza* Culture 93

Toong-Long Jeng, Su-Yue Lin, Tong-Hai Tseng and Chang-Sheng Wang——A Fast Method for Screening Amylose Mutant Rice 103

Li-Duhng Huarng, Tyng-Horng Chou and Chih-Kai Yang——A Study on Mume Cracking Machine 113

Ming-Hwi Yao, Shou-Hung Chen and Liang-Sheng Lien——Studies on Meteorological Resources Use Efficiency in Rice. I. Radiation Use Efficiency 123

Number 3

Shu-Chin Lo and Pao-Chuan Hsieh——Study on the Manufacturing of Low-Salt Pepper Paste 135

Ming-Hwi Yao and Shou-Hung Chen——Studies on the Absorption and Emission of Carbon Dioxide in Paddy Field 150

Kun-Yaw Ho, Shi-Cheng Hung and Chien-Chung Chen——Effectiveness of Spinosad Bait in the Control of Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in Guava Orchard 162

Lung-Hu Lu, Jyh-Rong Tsay, Lien-Sheng Liang, Wu-Huann Shyu, Yee-Ting Wang and Yong-Hsing Teng——Development of Postharvest Handling Machine for Fresh Litchis 169

Ming-Fuh Chuang and Yung-Hsiung Cheng——Effects of Inoculation Timing on Spore Production and Temperature on Spore Germination of Arbuscular Mycorrhizal Fungi 184

Jui-Sheng Lai, Jui-Lung Kao, Yi-Kung Lin, Min-Fu Hu and Sin-Yi Liu——Study on Morphological and Molecular Markers of Yam (*Dioscorea spp.*) Germplasm 195

Number 4

Ting-En Dai, Fong-Wu How and Chou-Tou Shii——The Studies on Morphological Markers and Developmental Plasticity of Native Lilies in Taiwan 207

Guang-Jauh Shieh——Pericarp Characters Variation of Different Tainan-White Maize Population in Taiwan 219

Guang-Jauh Shieh——Effect of Endosperm Type and Genetic Background on Pericarp Thickness in Maize Inbred Lines 227

Jin-Tong Chen, Shiuan-Yuh Chien, Jin-Torng Peng and Meei-Hsing Chen——Recycling Application of Spent King Oyster Mushroom Substrate for Production of *Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quĕl. 235

Ien-Chie Wen and Ching-Yi Chang——Evaluation and Genetic Relationship Analysis Using RAPD on Flowering Cherry Germplasm 245

Jau-Yeuh Wang, You-Ming Chang, Bor-Kwei Shen, Yu-Hua Wang and Pan-Chi Liou——Molecular Markers Derived from RAPD and ISSR Analysis for Identification of Watermelon 257

台灣農業研究稿約

一、本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論(可略去)、誌謝(可略去)、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過十印刷頁為原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不需分章節撰寫，但需附中英文摘要，全文以不超過四印刷頁為原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿一份及影印稿二份(內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份)。文稿以 A4 大小之白色紙張(長 29.6 公分，寬 21 公分)，空一行(double space)打字，12 號字，左邊對齊，上下應預留 3 公分，左右 2 公分空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。英文撰寫時，左邊對齊、字距一格，句距二格，以 Times New Roman 字體打字，以便審查。審查接受之稿件，隨文請附文稿內容磁片或電子檔案，以利電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題(Running title)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以“，”相隔，最後一人前加“and”字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen and Chyr-Guan Chen。每一作者需附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、卷期及頁數，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過五個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過五百字為原則。以中(英)文發表者須附英(中)文摘要，置於本文之後，且內容須與中(英)文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　　文：依序為前言(INTRODUCTION)、材料與方法(MATERIALS AND METHODS)、結果(RESULTS)、討論(DISCUSSION)、結論(CONCLUSION)、誌謝(ACKNOWLEDGEMENTS)、引用文獻(LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，須使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目(heading)單行置於該章節之前，小章節題目(sub heading)直接置於小章節之首。

表　　格：

1、每一表格應分別繕製，上方須有標題，並按文中出現順序加上表 1 (Table 1.)，表 2 (Table 2.) 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,… 等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。

5、表格僅列橫線。

6、性質類同之圖與表務請精簡與合併。

圖　片：

1、圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙(白色透明紙)上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中加註者，應於圖中說明，或以括號註明於標題之後。

3、照片以光面紙為原則，清晰度以縮小 50%可判讀為宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面(25cm X 18cm)為宜。

4、圖版及照片下方應有標題 (或另頁繕寫)，並按文中出現的順序加上圖 1(Fig.1)、圖 2(Fig.2)等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿應中英文併寫，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、引用文獻(LITERATURE CITED)－列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文為限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991) (Lo 1991，1992) (陳 & 胡 1983) (Sung 1991；Hsu *et al.* 1992)，置於引用文處。

2、中文稿可列中、英文文獻，文獻原文為中(英)文者，須以中(英)文列文獻。英文稿之引用文獻須全採用英文。

3、中文文獻以作者姓氏筆劃為序，英文文獻以姓名字母為序。中英文併陳時，中文在前，英文銜接其後。作者相同時以年代先後為序。

4、文獻之書寫方法以期刊為例，依序為作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

5、西文期刊名須用縮寫，其縮寫方式參照美國出版之〝Biosciences Information Service of Biological Abstracts〞規定，中文期刊用全名。

6、文獻的書寫範例如下：

(1)文獻出自學術性期刊

陳隆澤、胡念才。1983。水稻品種(系)對稻熱病抵抗性反應之研究。中華農業研究 32:1-13。

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34-43. (in Chinese with English Abstract).

Weng, J. H. 1992. CO_2 exchange characteristics of C_3 and C_4 vegetable crops in response to light and nitrogen (in Chinese). J. Agric. Assoc. China 157:21-33.

(2)文獻出自著作性書籍

楊清白。1980。家畜飼料學。藝軒。台北。180 pp.

Sung, J. M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press, Taipei. 100 pp.

(3)文獻出自編輯性書籍

Lo, W. S. 1991. The effect of calcium on nitrogen metabolism. p.100-110. *in* : Biology of Rice. (Sung, J. M. and D. J. Liu, eds.) Chinese Agronomy Press, Taipei.

四、單位、縮寫格式及統計分析

1、所有度量衡均採公制，數量如用中(英)文數字，單位以中(英)文全名表示；數量如用阿拉伯數字，單位以 SI units 為準，如一公尺(one meter, 1 m)、二公克(two grams, 2 g)、三公升(three liters, 3 L)、四毫升(four milliliters, 4 ml)。各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里(km)、公尺(m)、公分(=厘米)(cm)、公釐(=毫米)(mm)、微米(μm)。

(2)重量(W)：公斤(kg)、公克(g)、μg。

(3)容積(V)：公升(L)、公撮(=毫升)(ml)、μl。

2、溫度：攝氏(℃)、絕對溫度(°K，但須加以說明)。

3、時間：年(yr)、月(mo)、週(wk)、日(天)(day,days)、時(hr)、分(min)、秒(sec)。

4、濃度：莫耳(M)、千分之一莫耳(mM)、當量(N)、千分之一當量(mN)。

5、重力加速度：*g*。

6、其他之縮寫：平均(*av*)、大約(*ca*)、直徑(diam.)。

7、統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、...表示者均應加註顯著機率值 *P*(例如 $P<0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數(*r*)、決定係數(R)、變異係數(cv)、標準機差(se)等。

五、生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點“.”，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。

六、稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案(IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他)，並由作者負責前二校。除筆誤與格式外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。

七、投稿本期刊之稿件，不得投稿其他刊物。稿件經本期刊接受後，刊登權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

台 灣 農 業 研 究

(原中華農業研究)

第五十四卷　第四期

中華民國九十四年十二月出版

發 行 人：林 俊 義
總 編 輯：安 寶 貞
主　　編：吳 宜 晏　蕭 淑 芬　黃 淑 華
編審委員：
農藝組：王 強 生（主審）
呂 秀 英　陳 一 心　楊 純 明　劉 新 裕
園藝組：歐 錫 坤（主審）
王 德 男　施 昭 彰　徐 信 次　劉 政 道
劉 邦 基　黃 肇 家
農化組：廖 慶 樑（主審）
郭 鴻 裕　劉 慧 瑛　簡 宣 裕
植病組：張 清 安（主審）
安 寶 貞　程 永 雄　蔡 武 雄　鄧 汀 欽
應動組：王 清 玲（主審）
何 琦 琛　陳 炳 輝　陳 健 忠　鄭　允
農機組：蔡 致 榮（主審）
黃 禮 棟　梁 連 勝
種原組：黃 勝 忠（主審）
農經組：潘 德 芳（主審）

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 54, No.4 Dec. 2005

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

PUBLISHER: Lin, Chien-Yih

EDITORS IN CHIEF: Ann, Pao-Jen

EDITORS:

Wu, Yi-Yan
Shiau, Shu-Fen
Huang, Shu-Hua

EDITORIAL BOARD:

Chang, Chin-An (Plant Pathology)
Tsay, Jyh-Rong (Agriculture Engineering)
Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)
Huang, Sheng-Chung (Crop Genetic Resources)
Ou, Shyi-Kuan (Horticulture)
Liaw, Ching-Liang (Agriculture Chemistry)
Wang, Chang-Sheng (Agronomy)
Pan, Te-Fang (Agriculture Economics)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Bing-Huei
Chen, Chien-Chung
Chen, Yi-Shin
Cheng, Edward Yun
Cheng, Yung-Hsiung
Chien, Shiuah-Yuh
Deng, Ting-Chin
Guo, Horng-Yuh
Ho, Chyi-Chen
Hsu, Hsin-Tszu
Huang, Chao-Chia
Huarng, Li-Duhng
Liang, Lien-Sheng
Liou, Pan-Chi
Liou, Tsung-Dao
Liu, Huey-Ing
Liu, Sin-Yie
Lu, Hsiu-Ying
Shih, Jau-Chang
Tsai, Wu-Hsiung
Wang, Der-Nan
Yang, Chwen-Ming

Reviewers of the related fields are also invited from universities and other research organizations

感謝本刊之評審委員

本刊刊載本所研究報告，無論篇幅與內容上，均有長足之成長與進步，深受各界所支持。謹此，對今年參予本刊稿件評審工作的諸位評審委員（如下列；依姓名筆劃順序），表示誠摯之謝意！

方　煒
王慶裕
申　庸
朱　鈞
朱建鏞
朱德民
余志儒
吳繼光
林子清
林俊隆
林茂森
林順福
柯文雄
胡澤寬
徐世典
張育森
張喜寧
張碧芳
張龍生
盛中德
陳文輝
陳隆鐘
陳福旗
陳駿季
曾國欽
曾夢蛟
黃振文
黃鵬林
溫宏治
葉茂生
詹富智
蔡秀隆
蔡淑珍
盧虎生
賴博永
謝兆樞
謝廷芳
謝清祥
謝慶昌
顏國欽
蘇宗宏

台灣農業研究第五十四卷第四期

編　　者：行政院農業委員會農業試驗所
發 行 人：林俊義
發 行 所：行政院農業委員會農業試驗所
地　　址：台中縣霧峰鄉 413 萬豐村中正路一八九號
網　　址：http://www.tari.gov.tw
電　　話：(04)2330-2301～5
編　　輯
印 製 者：學安文化事業有限公司
地　　址：台中市南區仁和二街七十八號
電　　話：(04)2286-1600

中華民國 94 年 12 月出版

Vol. 54, No.4 Dec. 2005

JOURNAL OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH
(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

CONTENTS

Research Reports

The Studies on Morphological Markers and Developmental Plasticity of Native Lilies in Taiwan
....Ting-En Dai, Fong-Wu How and Chou-Tou Shii …207

Pericarp Characters Variation of Different Tainan-White Maize Population in Taiwan ....Guang-Jauh Shieh …219

Effect of Endosperm Type and Genetic Background on Pericarp Thickness in Maize Inbred Lines ....Guang-Jauh Shieh …227

Recycling Application of Spent King Oyster Mushroom Substrate for Production of *Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quěl.
....Jin-Tong Chen, Shiuan-Yuh Chien, Jin-Torng Peng and Meei-Hsing Chen …235

Evaluation and Genetic Relationship Analysis Using RAPD on Flowering Cherry Germplasm ....Ien-Chie Wen and Ching-Yi Chang …245

Molecular Markers Derived from RAPD and ISSR Analysis for Identification of Watermelon ....Jau-Yeuh Wang, You-Ming Chang, Bor-Kwei Shen, Yu-Hua Wang and Pan-Chi Liou …257

Contents for Volume 54 .... …270

Published by
THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號
中華郵政中臺字第〇三〇九登記爲雜誌交寄

ISSN 00224847
GPN025263890075
定價：新臺幣一七五元